413

CONGRÈS SUCRIER 1960

REVUE AGRICOLE ET SUCRIERE DE L'ILE MAURICE

VOL. 39 - JUILLET - OCTOBRE 1960 NOS. 4 & 5

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
31 JAN 1961

REVUE
AGRICOLE ET SUCRIÈRE
DE
L'ÎLE MAURICE

VOL. 39 NOS. 4 & 5 JUILLET-OCTOBRE 1960

Conseil d'Administration

Délégués de la Société de Technologie Agricole et Sucrière de Maurice :

MM. P. E. Bouvet
J. P. Lamusse
A. Leclézio ✠ (Trésorier)
V. Olivier (Secrétaire)

Délégués de la Chambre d'Agriculture :

M. A. Harel
M. A. Wiehe (Président)

Délégué des Services Agricoles :

M. G. A. North Coombes, O.B.E.

Délégué du Mauritius Sugar Industry Research Institute :

Dr. P. O. Wiehe, C.B.E.

Rédacteur-en-Chef :

M. G. A. North Coombes, O.B.E.

Les manuscrits doivent parvenir au rédacteur, à son adresse, Vacoas, au moins *deux mois avant* la date de publication.

Lorsque les articles sont accompagnés de schémas, ceux-ci doivent être autant que possible du même format que la revue (18 x 25 cm. ou 7 x 10 pouces) ou occuper une page pouvant être pliée dans un sens seulement.

La rédaction accueillera avec reconnaissance des illustrations appropriées au texte de tout article ou mémoire ; les photographies devront autant que possible avoir les dimensions suivantes : 9 x 14 cm. ou 3 1/2 x 5 1/2 pouces et être faites sur papier glacé.

ABONNEMENTS

Les demandes d'abonnement doivent être adressées au Trésorier, c/o Forges Tardieu Ltd, Route Nicolay, Port Louis :

Pour l'Ile Maurice . . . . Rs. 15 par an.
Pour l'Etranger . . . . . Rs. 18 par an.

The General Printing & Stationery Company Limited
23, Rue Sir William Newton
PORT LOUIS

1960

CONGRÈS SUCRIER 1960

SOMMAIRE

		Pages
Editorial		161
Composition des délégations des pays voisins		162
Programme		163
Séance d'ouverture		165
The probability of tropical cyclones at Mauritius	E. G. Davy	168
Les dommages causés aux cannes par les cyclones Alix et Carol	G. Rouillard	174
Recherches d'eau par prospection électrique dans la plaine septentrionale de l'Ile Maurice	R. Sentenac	182
Transport et chargement de cannes	G. Mazery	191
La lutte contre la maladie de Fidji de la canne à sucre à Madagascar	G. Lauffenburger	198
Observations sur les nouvelles galles foliaires de la canne à sucre à Madagascar	P. Baudin	220
Un aspect imprévu de la gommose à La Réunion...	D. d'Emmerez de Charmoy	229
Le bilan thermique idéal en fabrication de sucre roux	R. Noel	237
Interconnection to Central Electricity Board 22 KV network of selected sugar factories	R. Desmarais	244
L'influence de l'efficience de la filtration sur la clarification	P. Hoareau	252
How to get the most out of every day electric arc welding	A. Duval	260
Future trends in the chemical weeding of cane fields in Mauritius	E. Rochecouste	264
La lutte insecticide contre *Perkinsiella saccharicida*, vecteur de la maladie de Fidji	B. Sigwalt	271
Imbibition rationnelle et alimentation dynamique des moulins	M. Riviere	284
Quelques propos psychologiques et pratiques sur l'automatisme	J. Dumee Duval	291
Automation and some aspects of its application to boilers in the sugar industry	F. Adam	296
Bagasse furnaces	M. Paturau	301
Consommation de puissance des coupe-cannes et des shredders menés par moteurs électriques	R. de Froberville & J. D. de R. de St. Antoine	318
The thermotherapy of sugar cane plants infested with chlorotic streak disease	R. Antoine	321
Factors affecting the initiation of flowering in sugar-cane	E. F. George	328

ÉDITORIAL

L'année 1960 marque le cinquantième anniversaire de la fondation de la Societé de Technologie Agricole et Sucrière de l'Ile Maurice. La Société célébra cet évènement en tenant un congrès sucrier qui fut clôturé par un banquet auquel assistèrent de nombreuses personnalités locales et étrangères.

La Société de Technologie a pris naissance en 1910 sous le nom de " Société des Chimistes de l'Ile Maurice ", sur l'initiative de feu Edward Haddon, qui fit une longue et honorable carrière comme chimiste dans l'industrie sucrière de Maurice et de Natal. Les autres membres fondateurs de la Société étaient : Léopold Giraud, Philippe Bonâme, Arthur Edwards, Léon Fauque, Loïs Fouquereaux de Froberville, Maurice Martin et Joseph de Coulhac Mazérieux. En cette année de son cinquantenaire la Société est dirigée, sous la présidence de M. René Noël, par MM. Pierre de Sornay, Louis Baissac, Roger Bax, J. P. Lamusse, J. D. de R. de St. Antoine, A. Wiehe, E. Bouvet, M. Paturau, R. Leclézio, V. Olivier, H. Kœnig, R. Raffray, C. d'Unienville et le Dr. P. O. Wiehe.

Il convient de féliciter la Société tant pour avoir atteint ce bel âge que pour avoir gardé bien vive la flamme léguée par ses fondateurs, ainsi que le témoigne la hardiesse de tenir ce congrès quelques mois seulement après le passage du cyclone le plus dévastateur que le pays ait jamais connu. On se plaît à y voir la preuve la plus éclatante de son dynamisme et de son utilité. Au lendemain d'un tel désastre la préparation du congrès demandait un gros effort aux membres participants, déjà, pour la plupart, débordés par un surcroît imprévu de travail. On note donc avec satisfaction que par le nombre, la variété et la qualité des sujets traités — dont cinq des vingt conférences par nos amis de La Réunion et de Madagascar — le congrès sucrier de 1960 est le digne successeur de celui de 1958 et l'heureux précurseur de celui de 1962. En effet, le 11e Congrès international de la ISSCT réunira à Maurice les technologistes sucriers du monde entier en octobre 1962.

Notre revue, qui est l'organe officiel de la Société, publie dans ce numéro combiné de Juillet/Août — Septembre/Octobre, les communications présentées au congrès, le Conseil d'Administration ayant jugé utile de les faire paraître en une seule brochure.

Le Conseil d'Administration et la Rédaction de la Revue Agricole prient le Président et les Membres de la Société de Technologie d'agréer l'expression de leurs vives félicitations à l'occasion de son cinquantenaire et leurs meilleurs vœux pour l'avenir.

COMPOSITION DES DÉLÉGATIONS DES PAYS VOISINS

Afrique du Sud :	Dr. J. Dick
	M. J. Rault
	Dr. J. Wilson
Madagascar :	M. P. Baudin
	„ G. Lauffenburger
La Réunion :	M. Georges Barau
	„ Jean Barnaud
	„ Adrien Bédier
	„ André Bénard
	„ Fernand Bénard
	„ Claude Chenet
	„ Melville Commins
	„ Albert Enoch
	„ Perette Forcade
	„ Emile Hugot
	„ Joseph Martin
	„ Lucien Ozoux
	„ Georges Perrin
	„ Maxime Rivière
	„ Roger Thirel
	„ Jean de Touris
	„ Georges Troussail

SOCIÉTÉ DE TECHNOLOGIE AGRICOLE ET SUCRIERE DE L'ILE MAURICE

CONGRÈS SUCRIER 1960

PROGRAMME

Lundi 6 juin

9.30 — Séance d'ouverture.

10.45 — E. DAVY. The probability of tropical cyclones at Mauritius.

G. ROUILLARD. Les dommages causés aux cannes par les cyclones ALIX et CAROL.

14.00 — R. SENTENAC. Recherches d'eau par prospection électrique dans la plaine septentrionale de l'Ile Maurice.

G. MAZERY. Transport et chargement de cannes.

Mardi 7 juin

9.00 — G. LAUFFENBURGER. La lutte contre la maladie de Fidji de la canne à sucre à Madagascar.

P. BAUDIN. Observations sur les nouvelles galles foliaires de la canne à sucre à Madagascar.

D. D'EMMEREZ DE CHARMOY. Un aspect imprévu de la gommose à la Réunion.

14.30 — Démonstration d'échantillonnage et d'analyses de cannes et démonstration de croisements de cannes et méthodes de sélection au Réduit.

18.00 — Cocktail offert par les Maisons de Commerce au Park Hotel aux délégués étrangers et aux membres de la Société.

Mercredi 8 juin

9.00 — R. NOËL. Le bilan thermique idéal en fabrication de sucre roux.

R. DESMARAIS. Interconnection to Central Electricity Board 22 KV network of selected sugar factories.

P. HOAREAU. L'influence de l'efficience de filtration sur la clarification.

A. DUVAL. How to get the most out of every day electric arc welding.

14.00 — E. ROCHECOUSTE. Future trends in the chemical weeding of cane fields in Mauritius.

B. SIGWALT. La lutte insecticide contre *Perkinsiella saccharicida* vecteur de la maladie de Fidji.

Jeudi 9 juin

8.00 — «Field day» à Médine.

Déjeuner à Albion.

Vendredi 10 juin

9.00 — M. RIVIÈRE. Imbibition rationnelle et alimentation dynamique des moulins.

J. DUMÉE DUVAL. Quelques propos psychologiques et pratiques sur l'automatisme.

F. ADAM. Automation and some aspects of its application to boilers in the sugar industry.

M. PATURAU. Bagasse furnaces.

R. DE FROBERVILLE et J. DUPONT. Consommation de puissance des coupe-cannes et des shredders menés par moteurs électriques.

14.30 — R. ANTOINE. The thermotherapy of sugar cane plants infected with chlorotic streak disease.

E. F. GEORGE. Factors affecting the initiation of flowering in sugar cane.

Séance de clôture.

Samedi 11 juin

20.00 — Banquet au Collège d'Agriculture pour commémorer le cinquantième anniversaire de la fondation de la Société.

SÉANCE D'OUVERTURE

Discours du Président de la Chambre d'Agriculture.

Monsieur le Ministre,

Monsieur le Président de la Société de Technologie Agricole et Sucrière de Maurice,

Messieurs les Délégués de la Réunion, de Madagascar et de l'Afrique du Sud,

Messieurs,

C'est à titre de Président de la Chambre d'Agriculture que j'ai l'honneur d'être le premier à m'adresser a vous aujourd'hui, ayant été sollicité à cet effet par le Président de la Société de Technologie Agricole et Sucrière de Maurice.

J'ajouterai que je suis heureux de le faire au nom de la vieille institution que je représente ici laquelle, très tôt, s'était rendu compte qu'il fallait mettre les ressources de la science au service de l'Agriculture, comme il est dit dans le livre d'or publié en 1953 à l'occasion de son centenaire.

C'est à la requête de la Chambre, requête présentée par Sir William Newton au Ministre des Colonies en 1887, que fut décidée la création de la Station Agronomique qui ouvrit ses portes en 1893.

M. Philippe Bonâme, qui fut le premier à en assumer la direction, avait déjà alors à son actif une brillante carrière technique et scientifique en France, à la Guadeloupe, en Espagne et à Cuba.

Bonâme fut le pionnier de la science à Maurice, et il sut aussi former de nombreux jeunes qui se distinguèrent par la suite au service de l'industrie sucrière, tant à Maurice qu'à l'étranger.

Philippe Bonâme fut l'un des fondateurs de la Société des Chimistes de Maurice qui prit naissance en 1910, ses collaborateurs d'alors étant Léopold Giraud, Léon Fauque, Joseph de Coulhac Mazérieux, Loïs Fouquereaux, Arthur Edwards, Maurice Martin et Edward Haddon qui en avait été le promoteur.

Sous l'impulsion de ces hommes d'action la science agricole prit bien vite un nouvel essor qui ne fit qu'aller en grandissant, leurs successeurs, de génération en génération, n'ayant cessé de tenir toujours plus ferme et plus haut le flambeau qui leur avait été transmis.

Entre temps, le but initial de la Société ayant été largement dépassé, ses activités s'étendant de plus en plus au domaine technique, il devenait évident que son titre, ne lui convenait plus. Aussi c'est avec raison qu'il fut changé en celui de Société des Chimistes et des Techniciens des Industries Agricoles de Maurice, simplifié par la suite pour devenir Société de Technologie Agricole et Sucrière de Maurice, nom que la Société porte aujourd'hui.

La Société de Technologie Agricole et Sucrière n'est donc autre que celle formée en 1910 sous le nom de Société des Chimistes et qui atteint cette année son cinquantième anniversaire, plus vivante, plus vigoureuse, plus respectée que jamais.

En lui présentant aujourd'hui au nom de la Chambre, nos sincères félicitations, je voudrais aussi lui offrir nos vœux de prospérité et de très longue vie. Elle ne saurait d'ailleurs, pour y atteindre, mieux faire que de continuer à suivre la voie qu'elle s'est tracée et qu'elle poursuit avec tant de succès.

La Société mérite nos remerciements à tous pour avoir contribué dans une si large mesure au développement et au progrès de l'industrie sucrière mauricienne, et la Chambre lui doit une reconnaissance particulière pour le dévouement et la compétence avec lesquels elle a toujours travaillé à la solution des problèmes techniques dont l'étude lui était confiée.

Une des plus récentes et des plus heureuses des initiatives de la Société fut la décision d'organiser tous les 2 ans un congrès sucrier auquel participent non seulement les techniciens du pays mais aussi ceux de nos pays voisins s'intéressant à la production du sucre.

Celui qui s'ouvre aujourd'hui connaîtra, j'en suis certain, le même succès que le premier, tenu en 1958, et permettra à l'industrie de faire un nouveau pas en avant pour le bien de tous.

Avant de terminer, je voudrais, sans pour cela vouloir porter atteinte aux prérogatives du Président de la Société de Technologie Agricole et Sucrière, dire aux délégués d'outremer combien nous sommes heureux de les voir parmi nous et leur donner l'assurance qu'ils seront les bienvenus à la Chambre pendant leur séjour à Maurice, si celle-ci pouvait leur être de quelque utilité, qu'il s'agisse de statistiques ou de renseignements d'ordre général.

Messieurs, je déclare ouvert le Congrès de 1960 et passe la parole au Président de la Société de Technologie Agricole et Sucrière de Maurice.

Discours du Président de la Société de Technologie Agricole et Sucrière.

Monsieur le Ministre,

Monsieur le Président de la Chambre d'Agriculture,

Messieurs,

Avant de vous adresser les propos d'usage en pareille occasion, je voudrais remercier M. le Président de la Chambre d'avoir bienveillamment accepté de prononcer le discours d'ouverture de ce deuxième congrès.

Nous avons là une preuve de l'intérêt que porte la Chambre aux travaux de notre Société, et je peux vous assurer, M. le Président, que cet intérêt nous est un précieux encouragement.

Nous sommes aussi particulièrement sensibles aux vœux de prospérité et de longue vie que vous nous avez transmis à l'occasion de notre jubilé ; si ces vœux se réalisent, ce dont je ne doute pas, la Chambre peut certes compter sur nous comme par le passé lorsqu'elle voudra bien nous confier l'étude des problèmes techniques dont elle cherche la solution.

Lorsque, il y a deux ans, la Société de Technologie décida d'organiser un congrès sucrier local, nombreux sont ceux qui pensèrent qu'une telle entreprise etait vouée à l'échec dans un pays aussi petit que le nôtre, où les occasions de rencontre entre les techniciens sont nombreuses.

Les évènements ayant donné raison aux optimistes, il fut décidé que dorénavant un congrès serait organisé tous les deux ans, auquel seraient invités nos voisins de La Réunion, de Madagascar et du Natal. C'est ce qui me vaut le plaisir de souhaiter la bienvenue aux délégués de ces pays. Qu'ils soient assurés de l'amitié avec laquelle nous les accueillons, et qu'ils se considèrent ici comme chez eux pendant la durée de leur séjour.

Les communications que nous entendrons au cours de ces quelques jours couvrent assez bien le champ très vaste des questions intéressant la canne à sucre, puisque, au nombre de vingt-et-un, elles traitent de sujets aussi différents que les cyclones et les maladies de la canne en passant par les fours à bagasse et la prospection des eaux souterraines.

Il y manque cependant un aspect important des possibilités qu'offre la canne à sucre, celui de l'utilisation de ses sous-produits. Il ne m'appartient pas, en cette occasion, d'explorer les implications économiques de cette question, mais je voudrais exprimer ma conviction personnelle que l'utilisation intelligente des sous-produits de la canne dans le bût de pourvoir au moins à certains besoins locaux serait d'un intérêt immense pour l'économie du pays. En ce qui concerne les possibilités techniques d'établir une ou plusieurs industries de sous-produits, je n'ai aucun doute que nous pourrions faire aussi bien que les autres pays sucriers.

Et maintenant, Messieurs, que ce congrès a été officiellement déclaré ouvert, je voudrais rappeler à tous ceux qui participeront aux séances et particulièrement aux jeunes le vieil adage qui affirme que du choc des idées jaillit la lumière; en effet, un congrès comme celui-ci ne vaut pas tant par les communications qui y sont présentées que par les échanges d'idées qu'il suscite. N'hésitons donc pas à faire part de nos observations et même à parler de nos erreurs si nous voulons profiter réellement de cette semaine de rencontres.

Or, il est absolument indispensable qu'il en soit ainsi pour justifier des réunions qui, je peux le dire aujourd'hui, ont bien failli ne pas avoir lieu. Nous aurions eu à en blamer les cyclones Alix et Carol qui vinrent jeter le doute dans nos esprits quant à l'opportunité d'organiser une conférence, d'y inviter des délégués étrangers, et d'encourir certaines dépenses alors que le pays tout entier et l'industrie sucrière en particulier avaient à faire face à un désastre sans précédent.

Les arguments pour et contre se valaient, et je ne crois pas me tromper en disant que le facteur qui fit pencher la balance est celui-là même qui, dans le passé, aida tant de fois nos devanciers à surmonter leurs épreuves: la Foi. Foi dans le redressement du pays, foi dans l'avenir de l'industrie sucrière, foi enfin dans le rôle prépondérant que doivent jouer nos techniciens dans ce redressement et dans cet avenir.

C'est donc sous le signe de la confiance que je place ce congrès, certain que nos discussions contribueront à nous faire faire quelques pas sur la route du progrès.

THE PROBABILITY OF TROPICAL CYCLONES AT MAURITIUS

by

E. G. DAVY

Director of Meteorological Services

From 1946 to 1959, this island suffered no considerable damage from tropical cyclones. In 1960, two intense cyclones wrought havoc on buildings and installations, in forests and agricultural crops. It is not perhaps surprising that some optimistic views which had been expressed, that the cyclone belt had moved well away from Mauritius, have changed rapidly to pessimistic beliefs that tropical cyclones are steadily increasing in intensity and that Mauritius, in particular, has an extraordinary and new problem. This is a time to examine the facts and to make calculated conclusions.

Mauritius is well inside the area of tropical cyclones of the south-west Indian Ocean although not in the worst region which is some 300 miles farther north. There are no indications that the frequency or intensity of cyclones generally have changed ; nor are they likely to change until the occurrence of some major phenomenon such as an ice age, during which the heat balance and hence the weather all over the earth's surface would undergo considerable modification. These statements of fact must necessarily be borne in mind by everyone of us who has to make any economic plans whatsoever whether they be for the building of a straw cowshed or for the operation of the largest undertakings in the Colony. With this theme in mind let us examine the occurrence of cyclonic winds in Mauritius in past decades and then take our conclusions as guidance in planning for the future.

Cyclones in the seventeenth and eighteenth centuries

Although old records of strong winds almost three centuries back exist they are apparently very incomplete. There is a " hurricane " recorded for 1695. In the eighteenth century only 8 " gales " and 11 " hurricanes " are recorded, all in the summer months, the most outstanding being the " severe hurricane " of 1761 and the " very severe hurricane " of the 9th April 1773.

The nineteenth and twentieth centuries

For the first half of the nineteenth century records appear to be much more complete and include 35 gales and 17 hurricanes. A " severe hurricane " occurred on March 1st, 1818, and the centres of hurricane crossed the island in 1836 and 1840.

From 1853 to 1875 some numerical values of wind speed are available. During that period the Meteorological Society of Mauritius and the Chamber of

Agriculture had become active bodies and the position of cyclone centres with respect to Mauritius have in many cases been recorded. The most severe cyclones were :-

1857 — January 28th	1863 — January 13 - 14th
1857 — December 5 - 6th	1863 — February 20th
1861 — February 11 - 16th	1868 — March 12th
	1874 — March 26 - 28th

None of these old records appears to be sufficiently reliable quantitatively to form a homogeneous series with the valuable data which has been compiled since 1875. At Pamplemousses there has continuously been an anemometer in operation during the past 85 years and although there have been slight changes in exposure and instruments there has been sufficient overlap of records to provide ample evidence that the records of all these 85 years are comparable for the numerical values of the wind speed over a whole hour which it is intended to examine in this paper.

Before proceeding to this examination, however, it should be remarked that there is no evidence that any one part of Mauritius is more or less likely to be near a cyclone centre than Pamplemousses. On the other hand, there are of course local effects due to mountain ranges and other orographic features of this volcanic island which result in increased or decreased wind as compared with Pamplemousses. The northern plain probably experiences cyclonic winds a little less than the average for the island as a whole. The high ground normally suffers winds 10 to 15% stronger than those for Pamplemousses and localities like Moka and Ferney, among many others, are well known for the increased winds due to channelling effects. The newer anemometer stations scattered over the island have been in operation during too short a period to provide data on which probability figures can be calculated and our attention will be confined to the analysis of the records of Pamplemousses in the 85 years from 1876 to 1960.

The Pamplemousses records

Only those tropical cyclones which have given winds over 25 m.p.h. are considered. Not only are the winds of those cyclones higher than those of the highest speeds of winter south-easterly trades but also it is at that level that some damage starts to trees and to the more fragile crops such as banana and well-grown maize. Damage to sugarcanes starts at hourly speeds of about 28 m.p.h.

Gust speeds as measured by modern instruments are a little more than twice hourly speeds in the lower ranges and a little less than twice in the upper ranges. An hourly speed of 30 m.p.h. means gusts of about 65 m.p.h., one of 50 m.p.h. gusts of about 95 m.p.h., and one of 70 m.p.h. gusts of about 125 m.p.h.

The diagram (Fig. 1) giving the hourly speed of wind at Pamplemousses during cyclones, shows the random distribution in time and of intensity. There may be two or three bad cyclones in one season as in 1945 and 1960, or there may be periods of 12 or 13 years during which hourly speeds never reach 40 m.p.h. Except that two long quiet periods have both been followed by a

violent cyclone, to which no importance should be attached, there seems to be no pattern of group behaviour.

Although many years ago Meldrum and others held that cyclone activity varied with sun spot activity in 11-year cycles there is also little sign of stability in the 10-year total cyclone occurrence at Mauritius shown on the same diagram. For instance, the total number of cyclone occurrences in the 10-year period 1882-1891 is only three, whereas in the 10 years preceding 1946 it rises to thirteen.

The total of occurrences for 25-year periods, also graphed, is however much more stable and varies only from 18 to 25. For planning the economy for a generation we may therefore adopt a figure of 21 cyclones in 25 years as a basis which is unlikely to prove far wrong. Incidentally, it is worth noting here that in spite of the two recent cyclones the 10-year and the 25-year totals are both at present about as low as they have ever been.

The chances of cyclone occurrence in any year

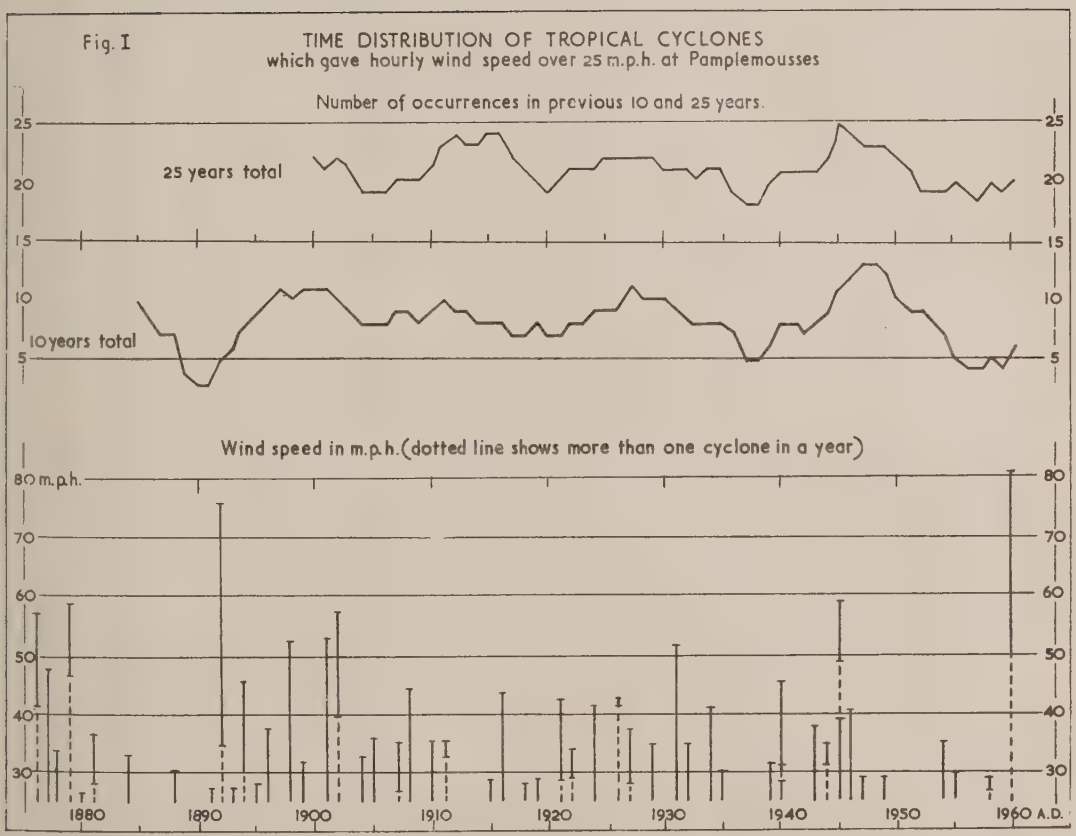
The lower left-hand side of the graph (Fig. 2) shows the number of occurrences of cyclones in 85 years plotted against hourly wind speeds. The points fall on a smooth curve up to 50 m.p.h.; although at higher speeds the amount of data is insufficient to be certain of accuracy a dashed curve is given as a probable line of best fit. The curve appears to be asymtotic with the abscissa and it is of interest to consider how strong a wind could occur in Mauritius. Hourly winds of about 135 m.p.h. (250 m.p.h. in gusts) have occurred in tropical cyclones in other parts of the world. The plot of the same data on a logarithmic scale in the upper right-hand side of the diagram shows that all points fall very near a straight line except in the range 60 to 75 m.p.h., were data is certainly insufficient. Extrapolation of this straight line indicates that the chance of having an hourly wind of 100 m.p.h. (say 180 m.p.h. in gusts) at Pamplemousses is about 0.16 in 85 years, that is once in about 500 years.

Planning for cyclone damage

In planning one first has to decide the extent of the risk which can be taken, for cyclones will always represent some risk even for buildings and installations unless sufficient strength is given to withstand cyclones even more violent than the recent one. Having decided whether one wishes to take a one in two or a one in a hundred chances, it is an easy matter to build to withstand the wind strength appropriate to that chance. A cheap structure not secure enough to stand gusts of 80 m.p.h. will, on average, be damaged within four years. A banana plantation may give high profits in a year of no cyclones but those profits must be sufficiently high to cover lower profits say one year in every two and to cover almost complete losses one year in twenty. The next paper in this conference discusses the cyclone damage suffered by different varieties of sugar cane. These two papers together will indicate whether or not the variety Ebene 1/37, for instance, will over a number of years produce as much sugar as a less productive but more cyclone-resistant variety.

Fig. I

TIME DISTRIBUTION OF TROPICAL CYCLONES
which gave hourly wind speed over 25 m.p.h. at Pamplemousses



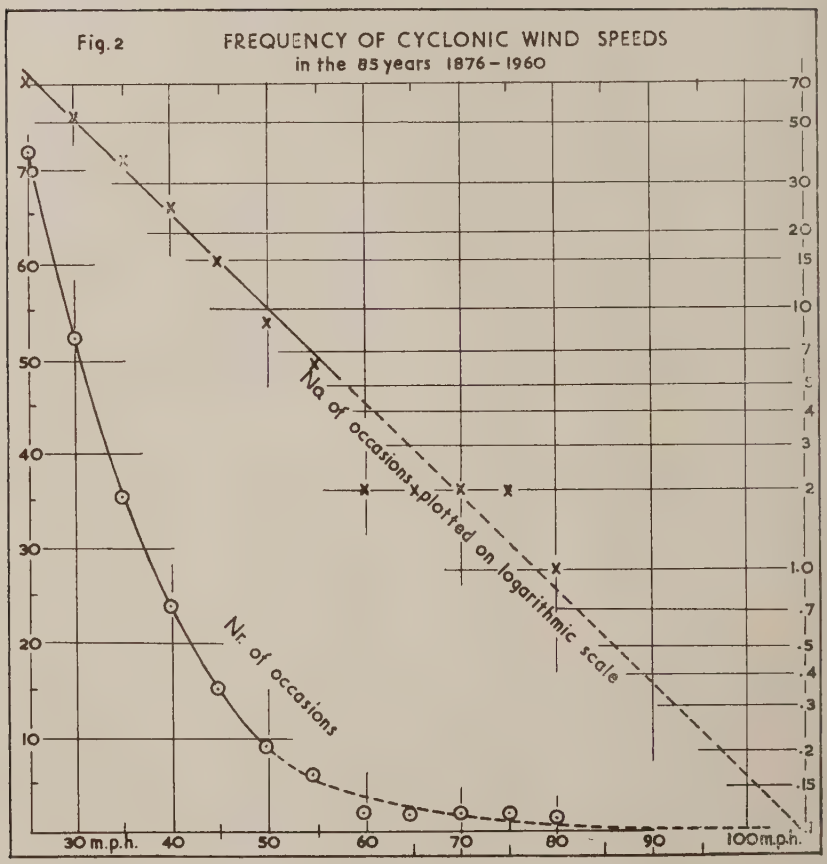


Fig. 2
FREQUENCY OF CYCLONIC WIND SPEEDS
in the 85 years 1876 – 1960
Nr. of occasions plotted on logarithmic scale
Nr. of occasions
70
50
30
20
15
10
7
5
4
3
2
1.0
.7
.5
.4
.3
.2
.15
70
60
50
40
30
20
10
30 m.p.h.
40
50
60
70
80
90
100 m.p.h.

Monthly distribution of cyclone occurrence

The distribution of cyclones over the months of the year should be considered. Table I shows that the chance of cyclones from May to November may almost be ignored. In December and April the risk of cyclone damage is not great but has to be recognised. In any February there is one chance in ten that there will be hourly winds over 40 m.p.h. and gusts of about 80 m.p.h. and there is one chance in five that such winds will occur in the first quarter of any year.

Direction of wind and the passage of central calms

The amount of damage done depends to some extent on wind direction and the change in wind direction. Most of the vegetation in Mauritius is conditioned to, and in some cases wind-trimmed by, south-easterly winds : many minor buildings and installations are constructed so that they are sheltered from the prevalent south-east winds. Westerly and northerly winds are therefore likely to cause more damage than south easterlies.

Gale winds, mean 37 to 48 m.p.h., come more frequently from the eastern quadrant than any other because more cyclone tracks passing about 150 miles from Mauritius lie to our north than to the south and because the semi-permanent high pressure belt to the south reinforces wind on the southern outskirts of cyclones.

INTENSITY OF CYCLONES IN EACH MONTH OVER 85 YEARS

(Calculated on readings from 1876 to 1960)

Hourly wind speed in m.p.h.	N	D	J	F	M	A	M	Total
25 — 29	1	2	5	6	4	2	1	21
30 — 34		1	3	7	4	2		17
35 — 39		1	5	2	2	1		11
40 — 44		1	2	2	2	1	1	9
45 — 49		1	1	4				6
50 — 54		1	1		1			3
55 — 59			1	2	1			4
75 — 80						1		1
80 — 85				1				1
25 and over	1	7	18	24	14	7	2	73
% probability in each year	1	9	21	29	17	8	3	89

On the other hand hurricane winds come equally from any direction

because the cyclone centre is equally likely to be close to Mauritius to the north, east, south and west.

There may be little change in direction of gale winds from a cyclone some 100 to 200 miles distant but hurricane winds are caused only by cyclones within 100 miles and as the track continues past the island the destructive winds must change in direction by more than 90° and up to 180° when a centre passes over the island.

During the past 100 years at least part of the central calm of cyclones have crossed some district of Mauritius on twelve occasions, in the year 1863, 1868, 1875, 1892, 1896, 1897, 1902, 1931, 1932, 1939, 1945 and 1960. Some have crossed only a small corner of the island, some have not been very intense ; only in 1960 has an extremely intense cyclone had sufficiently large a centre to pass completely over the whole island. This year a calm period lasted for 3 or 4 hours in every part of Mauritius.

The passage of the central calm over a place is, contrary to usual belief, less damaging than a near miss. When the central calm passes very near but not quite over a place, that locality is continuously subjected to the maximum winds from all directions almost throughout 180°. When the centre passes over a place winds of approximately the same force come from only two, diametrically opposite, directions. Moreover, the calm provides a period, perhaps of only half an hour or as much as four hours, in which persons can move to better shelter or take extremely useful action in repairing and securing buildings and installations against winds about to come from the opposite quadrant.

The laws of chance

From the data on cyclone occurrence during past years summarised in this paper, conclusions are drawn to show the probability of cyclone damage in future years. There is so much misunderstanding of the simple laws of chance that a short explanation of them should be worthwhile here.

The statement of a probability based on a knowledge of the past or present conditions is not an assurance of events which will definitely occur ; it is only the best possible guide to the most likely occurrence of events. Everyone will admit that a coin spun in the air a number of times will, theoretically, fall " heads " and " tails " an equal number of times because it is a symmetrical object which is equally likely to fall on either of the two surfaces. For a small number of spins the rule will not be accurately confirmed in practice ; the larger the number of spins the nearer will the practical results approach the theoretical proportions.

This definitely does not mean that any practical disprepancy from the rule in recent events will necessarily be corrected in subsequent events in the same series.

Put into a bag red and white balls in the proportion 1 : 2, say 2 red and 4 white. Draw out one ball, say white, note its colour and return it to the bag. Draw another, say, a white again, and return it to the bag.

We already have two white results but on the third turn the chances of drawing a red out of the 2 reds and 4 whites in the bag are still only one in three. As with the coin the recent results have in no way changed the chances of the future. In this category belong many games of pure chance such as roulette.

Let us now repeat the experiment but not returning to the bag any balls drawn out. When two whites have been drawn there are two red and only two white balls left in the bag, so that the chances of drawing a red have changed to one in two. In this case, the events of recent past have affected the chances for the future. Obviously if we continue to draw out all the balls we must necessarily finish with the pre-determined ratio : one red to two whites. In this category belong many epidemics of sickness such as poliomyelitis epidemics which are likely to occur once every few years. If this year we have a poliomyelitis epidemic, most young children at the most susceptible age will come into contact vith the virus and if not already immune will be made so. Next year the virus will find few non-immune children in which to create illness. There can be no second epidemic for a few years until there are again sufficient non-immune children of susceptible age.

Cyclone occurrence in future years

To which category do cyclones belong ? Does the occurrence of a cyclone in any way change the chances of a cyclone the following year ? In spite of the signs of destruction that will remain on Mauritius itself for several years, it is inconceivable that any appreciable effect remains even a few weeks after a violent cyclone has passed, on the ocean temperature or the air temperature, humidity or currents which determine cyclone formation and movement. We must conclude that the occurrence of a cyclone has a very shortlived effect on the chances of another cyclone occurring even in the same summer. Hence a period of relative freedom from cyclones does not mean an increase in the probability of a cyclone in the near future ; nor unfortunately do the tragic events of 1960 in any way prevent cyclones visiting the island in 1961 or following years. For each year in future the chances of cyclone damage remain as they have been for each year in the past.

In periods of possible pessimism such as the present, just as in periods of probable optimism such as the years 1947 to 1959, it should be a duty to accept with cool calculation the facts given. These are facts pertaining to one of the natural handicaps under which this country has so admirably developed and will, with careful planning, continue to flourish. For various reasons such as lack of capital and the difficulty of administering the schemes it is possible neither to construct for absolute security nor to insure all crops and buildings but when risks of much importance are taken they should be calculated risks based on such material as it has been possible to present in this paper.

LES DOMMAGES CAUSÉS AUX CANNES PAR LES CYCLONES ALIX ET CAROL

par
GUY ROUILLARD
Chief Agriculturist, M.S.I.R.I.

Introduction

L'île Maurice a été visitée cette année par deux violents météores. Les cyclones ALIX, dont le centre traversa à 20 milles à l'ouest de l'île, et CAROL, qui passa en plein sur nous le 28 février. Si ALIX compte parmi les dix plus violents cyclones des 85 dernières années, CAROL est le plus violent qui ait jamais été mentionné dans les annales de l'histoire de Maurice. Même le légendaire cyclone de 1892 passe aujourd'hui en second ordre.

Voici quelques comparaisons établies par le Service Météorologique qui vous permettront de juger de la force relative des trois météores les plus violents enregistrés jusqu'ici à l'île Maurice.

TABLEAU I — Violence relative des cyclones de 1960, 1945 et 1892

Cyclone «CAROL» 28 février 1960	Rafales les plus violentes, m.p.h.		Moyenne la plus élevée pendant une heure		Pressions barométriques les plus basses	
	Sud-Est	Ouest-Nord-Ouest	Sud-Est	Ouest N. Ouest	Millibarres	Millimètres
Médine (Ouest)	159	111	83	60	—	—
Port-Louis (Nord-Ouest)	(160)	(150)	105	100	942.6	707
Pamplemousses (Nord)	148	109	82	60	—	—
Union Flacq (Est)	148	107	78	70	—	—
Plaisance (Sud-Est)	(130)	115	74	69	945.3	709
Vacoas (Ouest-Centre)	118	114	55	48	(945)	709
Cyclone du 16 janvier 1945						
Pamplemousses	90		63		953	715
Vacoas	98		59		—	—
Plaisance	97		66		—	—
Cyclone du 29 avril 1892						
Pamplemousses	(134)		76		947	710

Les chiffres entre parenthèses ont été estimés en se basant sur d'autres données, tandis que les autres chiffres ont été obtenus au moyen d'instruments précis.

TABLEAU II — Nombre d'heures pendant lesquelles le vent souffla à Pamplemousses aux vitesses moyennes indiquées, exprimées en milles par heure.

Vitesse en milles par heure / Cyclone du	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99
28 février 1960	11	7	3	2	1	0
16 janvier 1945	16	5	0	0	0	0
29 avril 1892	7	3	2	1	0	0

Dès le passage d'ALIX nous nous sommes appliqués à faire un relevé des dommages causés aux cannes. Le passage de CAROL nous a donné l'occasion de faire une nouvelle étude en collaboration avec les propriétés sucrières.

Cette étude s'est portée tant sur la sensibilité relative des variétés au vent en relation avec les attaques de borer, que sur l'intensité des dégâts causés à chaque secteur de l'île en particulier, et pour l'ensemble de l'île en général, afin d'arriver finalement à une tentative d'estimation de la récolte à venir.

Méthodes d'observation

1. *Comparaisons variétales.*

Vingt essais variétaux dans lesquels sont représentées toutes les variétés intéressantes, homologuées ou pas, ont été choisis. Le relevé des cannes brisées a été établi dans chacune des parcelles expérimentales dont le nombre varie entre 24 et 36 selon les essais.

2. *Dommages causés aux cannes dans l'île.*

Pour chaque secteur représentatif d'une propriété et par variété cultivée sur au moins 10% du secteur, les champs représentant les catégories suivantes ont été pris au hasard :

(a) un champ de vierges planté de janvier à juin 1959,
(b) un champ de vierges planté de juillet à octobre 1959,
(c) deux champs de repousses récoltés du 1er juillet au 15 août 1959,
(d) deux champs de repousses récoltés du 16 août au 15 octobre 1959,
(e) deux champs de repousses récoltés du 16 octobre au 30 novembre 1959.

Par champ sélectionné, 10 parcelles d'une gaulette chacune ont été prises au hasard, un des lots se trouvant en bordure du champ.

3. *Observations faites.*

Les points suivants ont été observés :

(a) nombre de cannes à nœuds apparents par gaulette,

(b) nombre total de cannes cassées à la base.

Les cannes retenues à la souche par une faible portion de la tige étant considérées comme étant perdues par la récolte,

(c) nombre total de cannes cassées au milieu et au-dessus.

Ces données ont permis de calculer le pourcentage de tiges endommagées en rapport avec les différentes variétés et pour chaque secteur de l'île.

Comparaisons variétales

Une étude générale faite après le passage d'Alix nous a permis de grouper les variétés en 3 catégories selon leur sensibilité au vent.

Variétés résistantes : M. 147/44, M 134/32, M. 305/49, R. 397, M. 93/48, B. 3337, B. 37172.

Variétés tolérantes : M. 253/48, E. 50/47.

Variétés sensibles : Ebène 1/37, M. 31/45, M. 272/52, M. 202/46, B. 41227, M. 423/51, B. 34104, M. 81/52.

Nous donnons ci-dessous le tableau comparant chaque variété aux témoins M. 147/44 pour la partie recevant moins de 80" de pluie annuellement et Ebène 1/37 pour les localités bénéficiant d'une pluviosité supérieure à 80". Les résultats sont exprimés en pourcentage des témoins cités.

TABLEAU III — Effets du cyclone ALIX sur les différentes variétés de cannes.

Pluviométrie / Variétés	Cannes cassées % du témoin	
	40" – 80" Témoin M. 147/44	80" – 120" Témoin Ebène 1/37
M. 134/32	83	21
M. 305/49	0	42
R. 397	150	42
M. 93/48	80	43
B. 3337	—	50
B. 37172	100	52
M. 253/48	142	52
Ebène 50/47	—	62
M. 31/45	100	61
M. 272/52	150	80
M. 202/46	200	136
B. 41227	—	153
M. 423/51	225	—
B. 34104	258	—
M. 81/52	275	—

Après le passage de CAROL nous avons établi de nouvelles comparaisons avec l'idée particulière d'étudier l'effet des météores sur les variétés déjà lancées et sur les trois nouvelles en expérience dont la 202/46, la 93/46 et la 253/48.

CANNES CASSEES % E.I/37
CANNES CASSEES % M 147/44
RESULTATS EXPRIMES EN % E.I/37
RESULTATS EXPRIMES EN % M.147/44
0
50
100
150
200
100
150
200
250
275
M.134/32
M.305/49
R.397
M.93/48
M.147/44
B.3337
B.37172
M.253/48
E.50/47
M.31/45
M.272/52
E.1/37
M.202/46
B.41227
M.423/51
B.34104
M.81/52

Voici les résultats obtenus avec les dernières variétés citées, établis en % des témoins. A titre de comparaison nous reproduisons les chiffres obtenus après ALIX.

TABLEAU IV — Effets des cyclones ALIX et CAROL sur les nouvelles variétés.

Cyclones / Variétés	Cannes cassées en % du témoin			
	ALIX		CAROL	
	Témoin M. 147/44	Témoin Ebène 1/37	Témoin M. 147/44	Témoin Ebène 1/37
M. 202/46	200	136	223	103
M. 93/48	80	43	107	47
M. 253/48	142	52	187	42

En ce qu'il s'agit des variétés commerciales les comparaisons ont été faites tant sur les essais variétaux définitifs que sur les champs en grande culture.

Essais variétaux définitifs

Le relevé fut fait deux fois sur 14 essais après chacun des deux cyclones. La détermination des cannes brisées a été établie pour chacune des parcelles expérimentales recevant 30 ou 40 kgs d'azote à l'arpent selon le cas.

Les résultats sont donnés dans le tableau V.

TABLEAU V — Cannes brisées % par ALIX et CAROL dans deux séries d'expériences établies dans deux régions à pluviométrie différente.

	Cannes cassées %							
	Essais série 1954 5èmes repousses				Essais série 1957 2èmes repousses			
Pluviométrie	40" — 80"		80" — 120"		40" — 80"		80" — 120"	
Cyclones / Variétés	Alix	Carol	Alix	Carol	Alix	Carol	Alix	Carol
M. 134/32	4	20	—	—	—	—	—	—
Ebène 1/37	10	35	32	49	8	37	25	51
B. 3337	10	27	11	52	—	—	—	—
B. 37172	10	23	—	—	5	22	13	24
M. 147/44	—	—	—	—	6	13	9	22
M. 31/45	—	—	—	—	5	23	11	37

Dommages causés aux différents secteurs de l'île

Le pourcentage de tiges brisées a varié à la suite du passage d'ALIX entre moins d'un pour cent dans certaines parties du nord à plus de 50 % aux alentours des montagnes de Moka. La moyenne des cannes brisées dans l'ensemble de l'île a été de 11% par ALIX et de 33% par CAROL Le second cyclone a brisé jusqu'à 90% des Ebène 1/37 dans certaines parties du Grand Port où dans les couloirs de montagne les vents ont dû atteindre une vitesse de 180 milles à l'heure. Le tableau VI nous montre que la moyenne de tiges endommagées a été considérablement plus forte sur les variétés résistantes après le second cyclone qu'après le premier alors que sur les variétés sensibles CAROL n'a fait que deux fois plus de dégâts qu'ALIX. Disons tout de suite pour éviter toute confusion qu'environ 25% des cannes sensibles avaient déjà été fauchées par le cyclone de janvier. Nous verrons plus loin le rôle joué par le borer dans la sensibilité des variétés au vent.

TABLEAU VI — Ensemble des dommages causés aux différentes variétés de canne dans l'île, exprimés en cannes détruites % .

(A = Alix. C = Carol)

	M. 134/32		Ebène 1/37		B. 3337		B. 34104		B. 37172		M. 147/44		Moyenne	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
Ouest ...	5	26	—	—	—	—	14	46	4	15	5	21	6	26
Nord ...	1	17	—	—	—	—	—	37	3	19	2	17	2	18
Est ...	1	33	21	46	5	32	—	32	—	27	—	26	11	38
Sud ...	6	28	27	48	10	42	20	43	9	29	6	26	13	37
Centre ...	—	—	26	38	5	21	—	—	—	—	13	27	20	36
Maurice ...	3	24	25	44	6	32	22	42	4	21	3	23	11	33

La variété M. 31/45 n'étant pas cultivée sur une échelle importante ne figure pas sur ce tableau. Des chiffres isolés démontrent qu'elle est presque aussi sensible au vent que l'Ebène 1/37.

Effet du borer sur la sensibilité des variétés au vent

De Sornay 1950 a démontré que la sensibilité de la canne à sucre au vent est accrue par une attaque de borer. Voici à cet effet les chiffres obtenus à Bénarès après le premier cyclone de cette année..

TABLEAU VII — Effet du borer sur la sensibilité des variétés au vent.

Variétés	Cannes cassées %	Cannes attaqués par le borer % cannes cassées
Ebène 1/37	28	87
M. 147/44	3	57
B. 37172	7	64
B. 37161	15	56
B. 3337	17	40
B. 34104	15	30
M. 31/45	8	55
M. 134/32	9	55

Si une attaque de borer augmente considérablement la sensibilité de l'Ebène 1/37 au vent, par contre ces effets sont moins marqués dans le cas de la B. 34104 et de la B. 3337. Malgré que cette étude mérite d'être poussée plus à fond nous souhaitons que l'occasion ne s'en présentera pas de sitôt.

Estimation de la récolte

Est-il possible, avec les données dont nous disposons, de faire une estimation de la récolte à venir ?

Le terrain est là je l'avoue bien glissant, mais essayons quand même de nous y hasarder.

Les comptes faits ont établi 11% et 33% de casse par ALIX et CAROL respectivement le tout faisant un total de 44%. Nous prenons ce dernier chiffre comme étant équivalent au montant de la perte sur la récolte en cannes ; les autres facteurs favorables ou défavorables se compensant mutuellement.

Abordons maintenant le point suivant. Quelle aurait-été l'importance de la récolte si celle-ci n'avait pas été amoindrie par ces deux cyclones.

Les déficits de pluie accumulés pendant la période s'étendant du 1er novembre au 31 mai 1960 s'élèvent à 15. Le tonnage de cannes produit par arpent aurait donc été de l'ordre de 27.8. Ce rendement produit sur 182,000 arpents de superficie récoltée aurait fourni 5 millions de tonnes de cannes aux usines. Avec la perte estimée de 44% nous ne pouvons maintenant compter que sur 2,800,000 tonnes.

Considérant que le mauvais état des cannes sera probablement

cause d'une réduction de 10% sur la teneur en sucre de la canne, au lieu d'une extraction normale de 12.30 nous évaluons donc celle de cette année à 11.00.

Cette méthode nous conduit donc à estimer la production de cette année à 2,800,000 x $\frac{11.0}{100}$ soit 308,000 tonnes de sucre.

Pertes pour la Recherche scientifique

A cette perte sur la production immédiate vient s'ajouter un retard d'une année sur le travail expérimental dans presque toutes les branches de l'Institut de Recherches.

Le programme de croisements est forcément affecté, en ce sens qu'une forte proportion des géniteurs a été perdue. La serre de quarantaine ayant été démolie, 10 variétés importées ont été détruites par crainte de propagation de maladies.

La sélection variétale subira forcément un retard d'un an.

En ce qu'il s'agit des expériences faites sur les propriétés sucrières, sur 130 qui devaient être récoltées cette année, une trentaine seulement aboutiront. La plupart de ces essais serviront presque uniquement à compléter nos données sur la résistance variétale aux cyclones.

Conséquences sur la lutte contre la maladie du rabougrissement

La campagne menée pour débarrasser l'île de la maladie du rabougrissement sera fortement handicapée cette année. Si plus de 1.400 arpents de pépinières ont été plantés en 1958 et 1959, les perspectives pour 1960 s'annoncent bien médiocres. La qualité des boutures est telle que les planteurs hésitent à les faire échauder. Ce retard ne manquera pas d'avoir des répercussions directes sur la production sucrière à venir.

Moyens de défense

Si les physiciens ne sont pas arrivés à apaiser ou même à diriger ces terribles météores, que pouvons-nous, modestes planteurs et agronomes contre ces fléaux ?

Pas beaucoup peut-être mais passons quand même en revue les facteurs qui pourraient minimiser les pertes :

1. Production de variétés résistantes. Lorsque des variétés résistantes seront mises à la disposition des planteurs une prime plus forte pourrait être réclamée aux assurés sur les variétés sensibles afin de limiter leur propagation.

2. Intensification de la lutte contre le borer. L'Institut de Recherches est si consciente du problème que presque tout l'effectif de la division d'Entomologie est consacré à la lutte contre cet ennemi de la canne, le principal peut-être.

3. Les cannes fortement abîmées devraient être coupées s'il y a possibilité pratique de le faire et les champs très affectés devraient être complètement rasés afin de permettre aux nouvelles souches de se développer. Ajoutons que cette pratique éviterait beaucoup de frais inutiles en nettoyages et faciliterait l'application des herbicides.

Au stade actuel de nos connaissances il ne nous est pas possible de dire s'il y aurait avantage à casser les ailerons qui prolifèrent sur certaines variétés après un cyclone. Des expériences sont en train à cet effet, mais il est bon de signaler que cette opération pourrait favoriser le développement de la morve rouge sur les variétés sensibles au champignon. Une telle pratique n'est certes pas à conseiller sur la M. 134/32, par exemple.

L'idée de créer une protection en plantant des lignes de variétés résistantes entre celles de variétés sensibles ne s'est pas montrée efficace cette année. Il se peut toutefois que ce moyen diminuerait les pertes au cours de cyclones d'intensité modérée.

BIBLIOGRAPHIE

De Sornay, A., 1958 — Resistance of sugarcane varieties to cyclones — *Rev. Agric.* **37**, 45, 6, 241-251.

RECHERCHES D'EAU PAR PROSPECTION ELECTRIQUE DANS LA PLAINE SEPTENTRIONALE DE L'ILE MAURICE

par

R. SENTENAC,

Ingénieur à la Cie. Générale de Géophysique Paris.

I. Introduction

Des recherches d'eau dans la plaine septentrionale de l'Ile Maurice ont été confiées par la Chambre d'Agriculture puis par le Gouvernement de l'île à la Compagnie Générale de Géophysique, et l'Institut de Recherches pour la Canne à Sucre les a supervisées.

Les travaux ont consisté en une prospection électrique appuyée par un relevé de points d'eau, ils ont été effectués en 2 périodes, du 18 août 1958 au 29 janvier 1959, puis du 18 mai au 31 décembre 1959. Au total, 1384 sondages électriques ont été exécutés sur une superficie de 340 km², et 630 points d'eau ont été relevés.

II. Conditions hydrologiques et géologiques — Problème posé

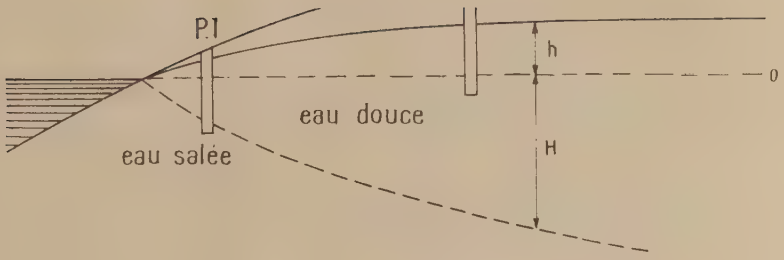
L'Ile Maurice est entièrement constituée de terrains volcaniques qui ont été formés lors de 3 phases d'activité principales. D'après les géologues, la plaine septentrionale daterait de la phase la plus récente. Dans le socle volcanique ancien, d'âge crétacé ou éocène, est apparue une ligne de fractures dirigée Sud-Ouest Nord-Est, le long de laquelle se sont produites des éruptions, d'abord lors d'un épisode volcanique de courte durée avant la fin de l'ère tertiaire, puis à la fin du Tertiaire ou au début du Quaternaire. Il y a eu ainsi formation de nouveaux terrains qui ont presque complètement recouvert les anciens, dont seuls les sommets les plus élevés sont restés visibles Montagne Longue, au Sud-Ouest du secteur étudié est un témoin du volcanisme ancien.

La géologie de la région étudiée est donc très simple ; des formations volcaniques récentes (tufs et basaltes doléritiques) recouvrent les formations volcaniques anciennes (tufs et basaltes à olivine avec dykes de trachytes).

Certains géologues avaient émis l'hypothèse selon laquelle les eaux se rassemblaient dans les terrains volcaniques récents perméables (basaltes très poreux) au toit du socle ancien supposé imperméable (basaltes compacts) et s'écoulaient vers la mer en empruntant les vallées ou dépressions du socle. S'il en était ainsi, le but de la prospection électrique était alors

FIG.1

A


P.1
h
0
eau douce
eau salée
H
H=37h

B

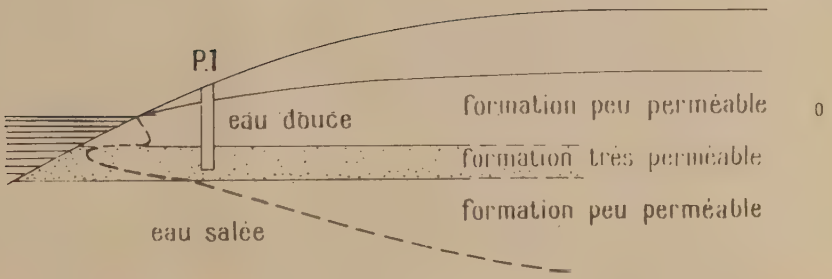

P.1
eau douce
formation peu perméable
0
formation très perméable
formation peu perméable
eau salée

FIG. 2

PRINCIPE DU SONDAGE ELECTRIQUE

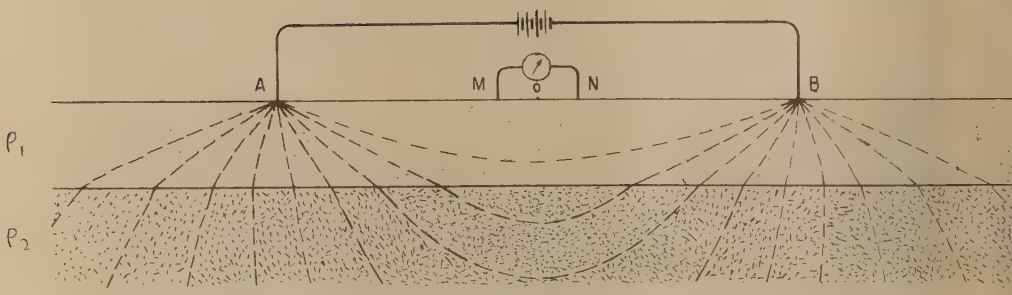


FIG. 3

Mission ILE MAURICE

Date 24 - 10 - 59

S.E. Fp 6

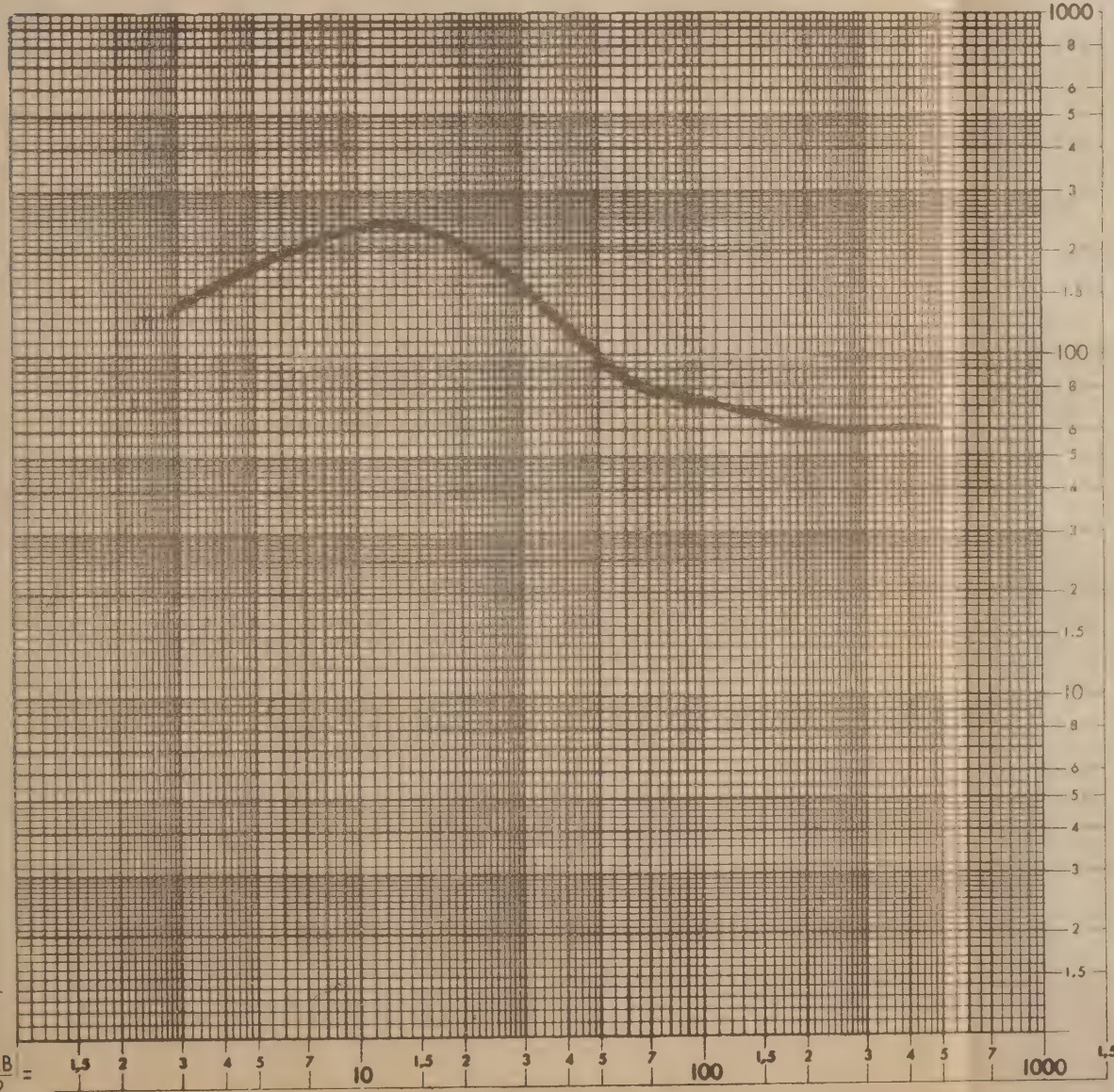
Forage

Interprétation

Azimut de AB N 43: E

Cote de surface 205 m

Coupe des terrains



Symbole

MN =

de reconnaître la configuration de la topographie ancienne, et de rechercher les vallées fossiles sous les laves récentes. Nous allons voir qu'en fait cette idée a évolué en cours d'étude, et que le problème s'est trouvé ramené à la recherche des coulées de basalte les plus importantes, très perméables, au sein des tufs argileux peu perméables.

La perméabilité des basaltes provient non seulement de leur faciès vacuolaire, qui caractérise en particulier les laves récentes, mais surtout de leurs nombreuses fissures : il existe dans l'île des exemples d'écoulements dans les laves qui constituent de véritables rivières souterraines c'est donc dans les laves que l'on peut espérer trouver les meilleurs débits.

Quant aux tufs, ils sont connus pour leur perméabilité généralement médiocre, quoique très variable dans le détail.

Enfin, la proximité de la mer conditionne la recherche hydrologique dans une bonne partie de la zone étudiée : toute formation perméable ou peu perméable baignée par la mer est envahie par l'eau salée, l'eau douce reposant sur l'eau salée suivant une surface de séparation dont la forme dépend de l'apport d'eau douce et de la perméabilité du terrain.* Le schéma de la figure 1 B montre qu'une couche perméable (alimentée) peut faire reculer l'invasion salée. Dans le premier cas (figure 1 A), le puits 1 situé à proximité de la mer, aura de l'eau salée en profondeur. Dans le deuxième cas (figure 1 B), le même puits fournira de l'eau douce, à condition toutefois qu'on règle son débit. L'exploitation d'une nappe douce au voisinage de la mer devra donc toujours être conduite avec prudence.

III. Principes de la méthode du sondage électrique (S.E.)

Rechercher les coulées de laves au sein de l'ensemble des tufs, même sous une couverture de terrains d'altération ou de coulées plus récentes était un problème uniquement du ressort de la prospection électrique.

La méthode utilisée, basée sur les différences de résistivités des roches est celle du sondage électrique (cf. figure 2). Elle consiste à mesurer la résistivité des terrains à des profondeurs croissantes, en augmentant progressivement la distance de deux pôles A et B d'envoi de courant ; la chute de potentiel qui en résulte à la surface du sol est mesurée entre 2 électrodes rapprochées M et N.

Les résistivités calculées en une même station O sont reportées sur un diagramme bilogarithmique (cf. figure 3). En comparant la courbe obtenue à des abaques on peut, dans les cas simples, déterminer l'épaisseur et la nature des différentes couches de terrain.

* Rappelons qu'en milieu statique, l'interface entre l'eau douce et l'eau salée est théoriquement défini par :

H : 37 h (avec une densité de l'eau de mer de 1,027), H étant la profondeur de l'interface au-dessous du niveau de la mer, h étant la hauteur piézométrique au-dessus du niveau de la mer (voir figure 1 A).

Echelle des résistivités et possibilité de la méthode

Les S.E. nous ont montré que les diverses formations étaient bien différenciées Il nous ont permis d'établir une classification grossière des terrains, de repérer aisément les ensembles de tufs ou de scories et les ensembles de basaltes, et de savoir s'ils sont secs, à eau douce ou à eau salée.

1) Si l'eau d'imbibition est douce, une lave est électriquement plus résistante qu'un tuf, il est donc facile de repérer les coulées volcaniques principales.

2) D'autre part, les terrains salés sont nettement différenciés des terrains à eau douce parce qu'ils sont plus conducteurs. Il est ainsi aisé de délimiter la zone d'invasion saline en bordure de la mer.

C'est sur ces deux idées directrices principales qu'est basée l'interprétation des résultats qui font l'objet de 3 cartes de résistivités en longueurs de lignes différentes.

IV. Cartes des résistivités

Il apparut, dès le début de l'étude que l'on avait affaire à des réseaux complexes de laves se recoupant à des niveaux différents au milieu des tufs conducteurs, et provenant d'origines très diverses. Comme l'hydrologie de la région est conditionnée par la répartition de ces coulées en profondeur, il s'agissait donc en premier lieu de chercher à établir une carte aussi exacte que possible des divers réseaux de laves superposés, et d'en indiquer les origines.

Le procédé utilisé est celui des cartes de résistivités en différentes longueurs de ligne A B d'envoi de courant correspondant à différentes profondeurs d'investigations.

Principe de la carte des résistivités

1) Considérons les deux groupes de S.E. des figures 4A et 4B, d'une part Dn 90—Dm 495, d'autre part Cp 33—Cp 29. Dans chacun de ces groupes les 2 S.E. ne diffèrent que par la *nature des terrains de surface,* les terrains profonds étant par ailleurs identiques. Au S.E. Dm 495 ou a des tufs à 30—40 ohm m depuis la surface, alors qu'au Dn 90 des laves superficielles se superposent aux mêmes tufs Dans l'autre groupe, Cp 29 représente une lave altérée en surface, et au Cp 33 une coulée superficielle se trouve au-dessus de la même lave altérée. La valeur de la résistivité pour une longueur de ligne A B (portée en abscisses) suffisamment courte, A B = 60 m par exemple, traduit bien dans les deux cas la présence ou l'absence de la lave superficielle. Par contre, pour la longueur A B = 300 m, par exemple, les résistivités apparentes sont à peu près égales, et il est clair que l'influence des laves de surface n'est plus sensible.

FIG 4 A

Ligne AB=60 m

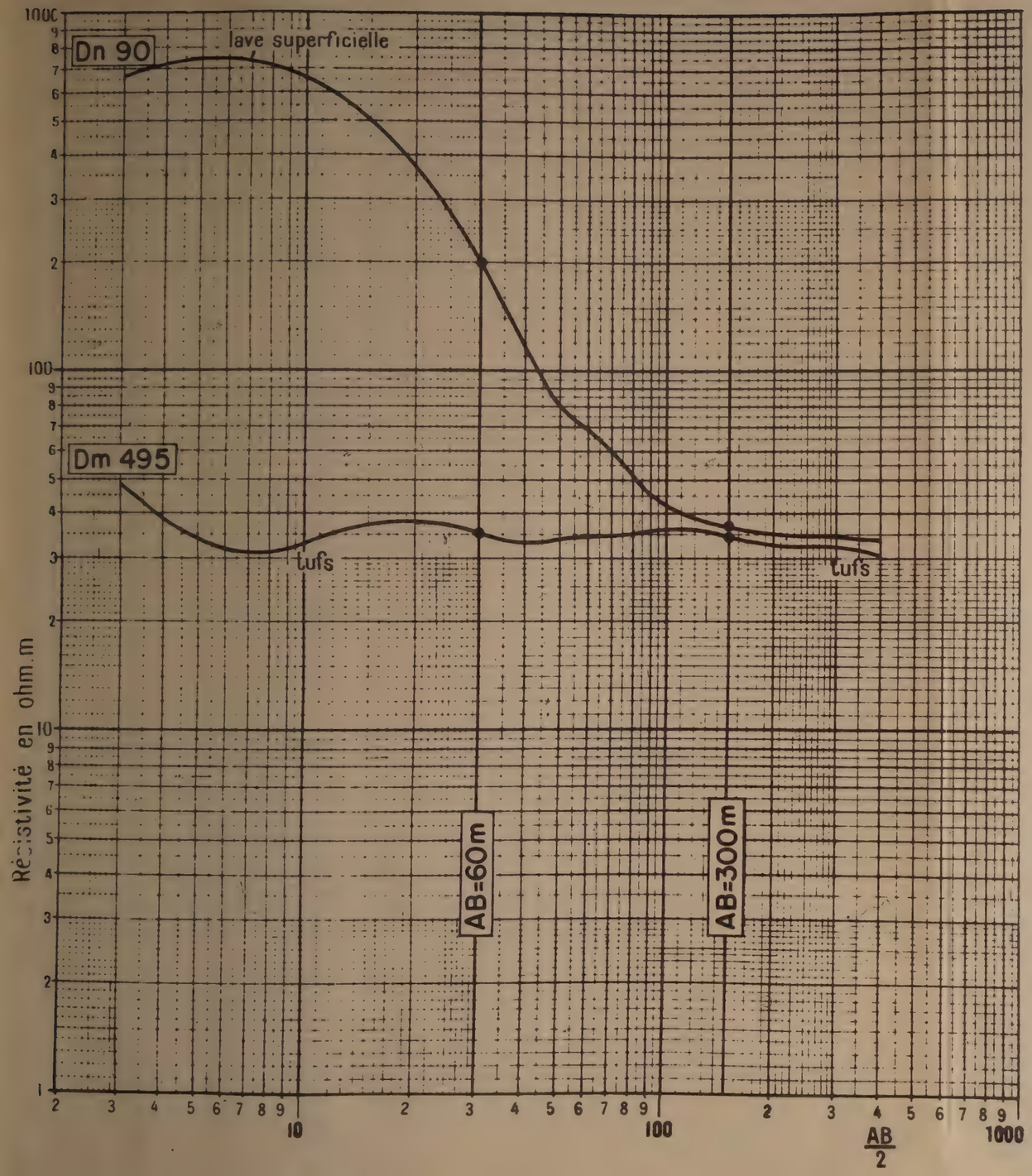


FIG 4 B

Ligne AB=60m

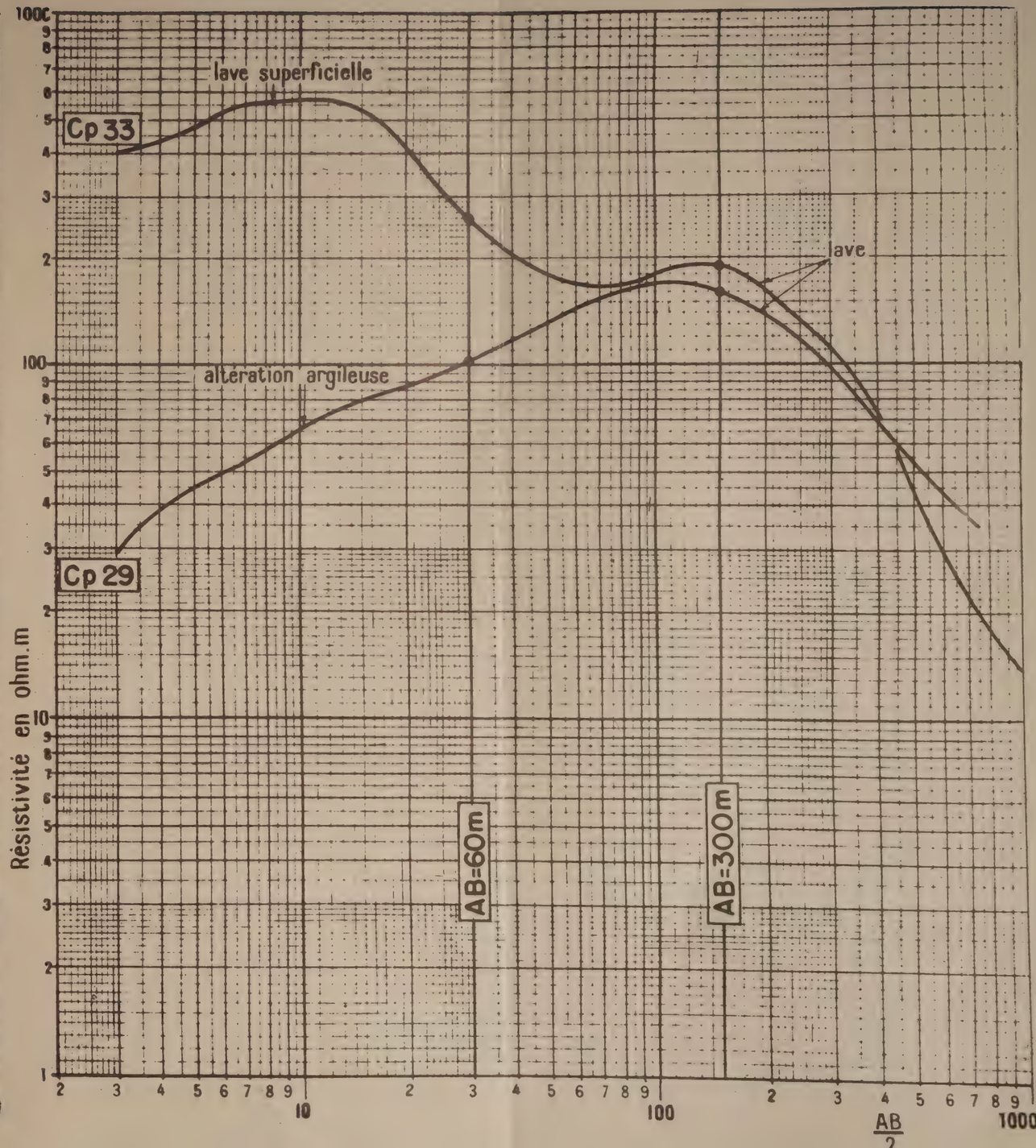


FIG 4 C

Ligne AB=300m

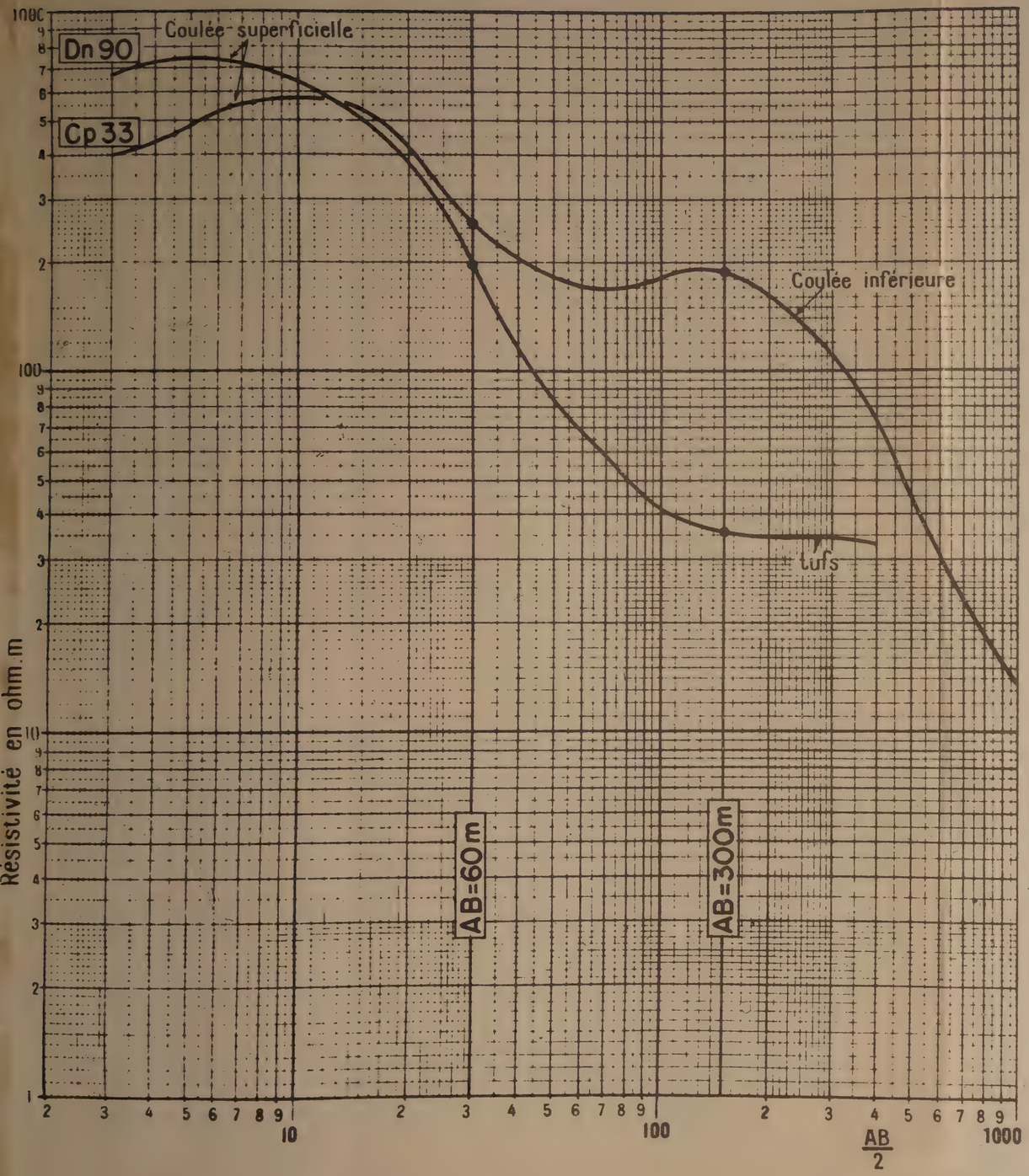


FIG 4 D

Ligne AB=600m

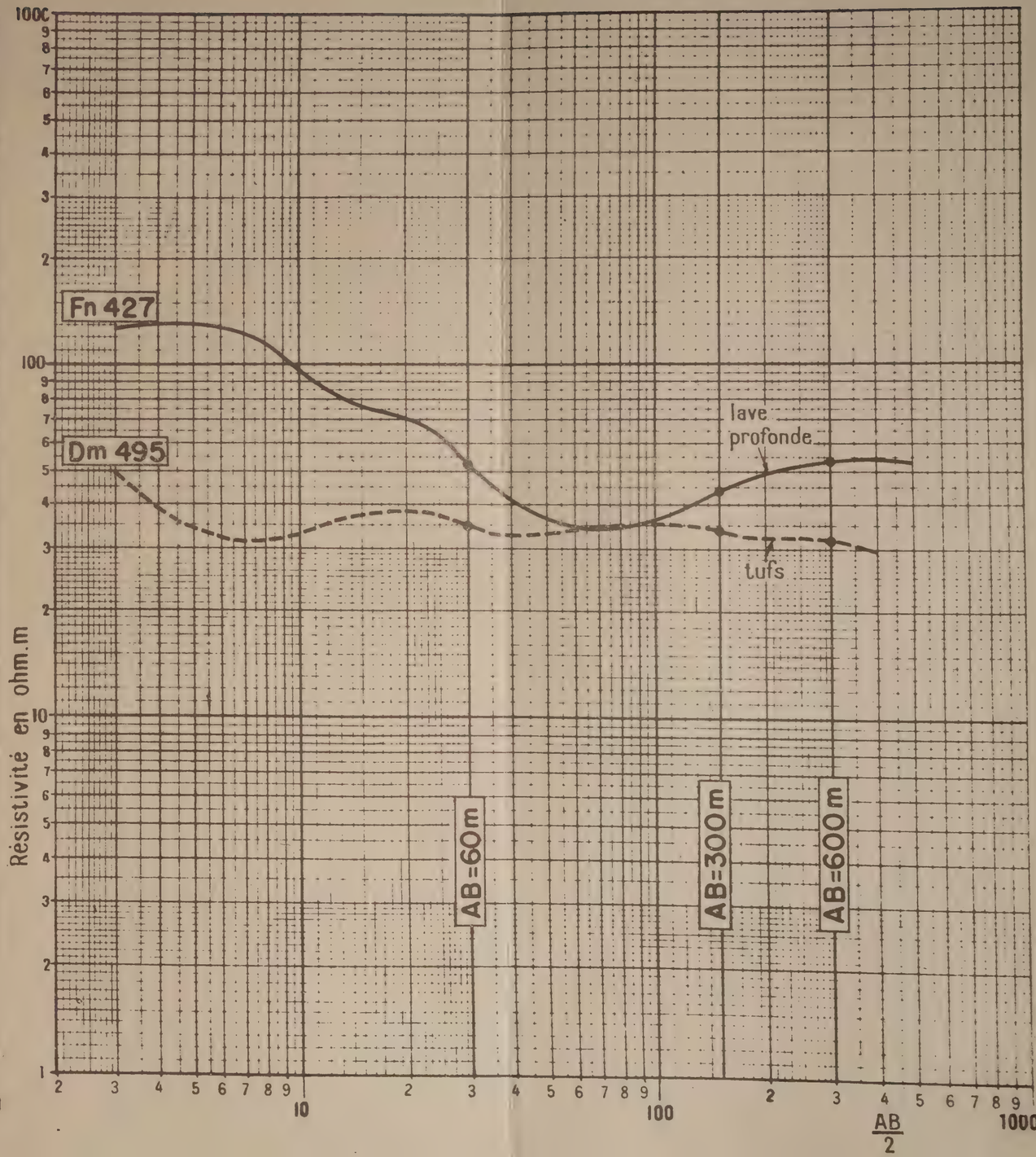


FIG 5

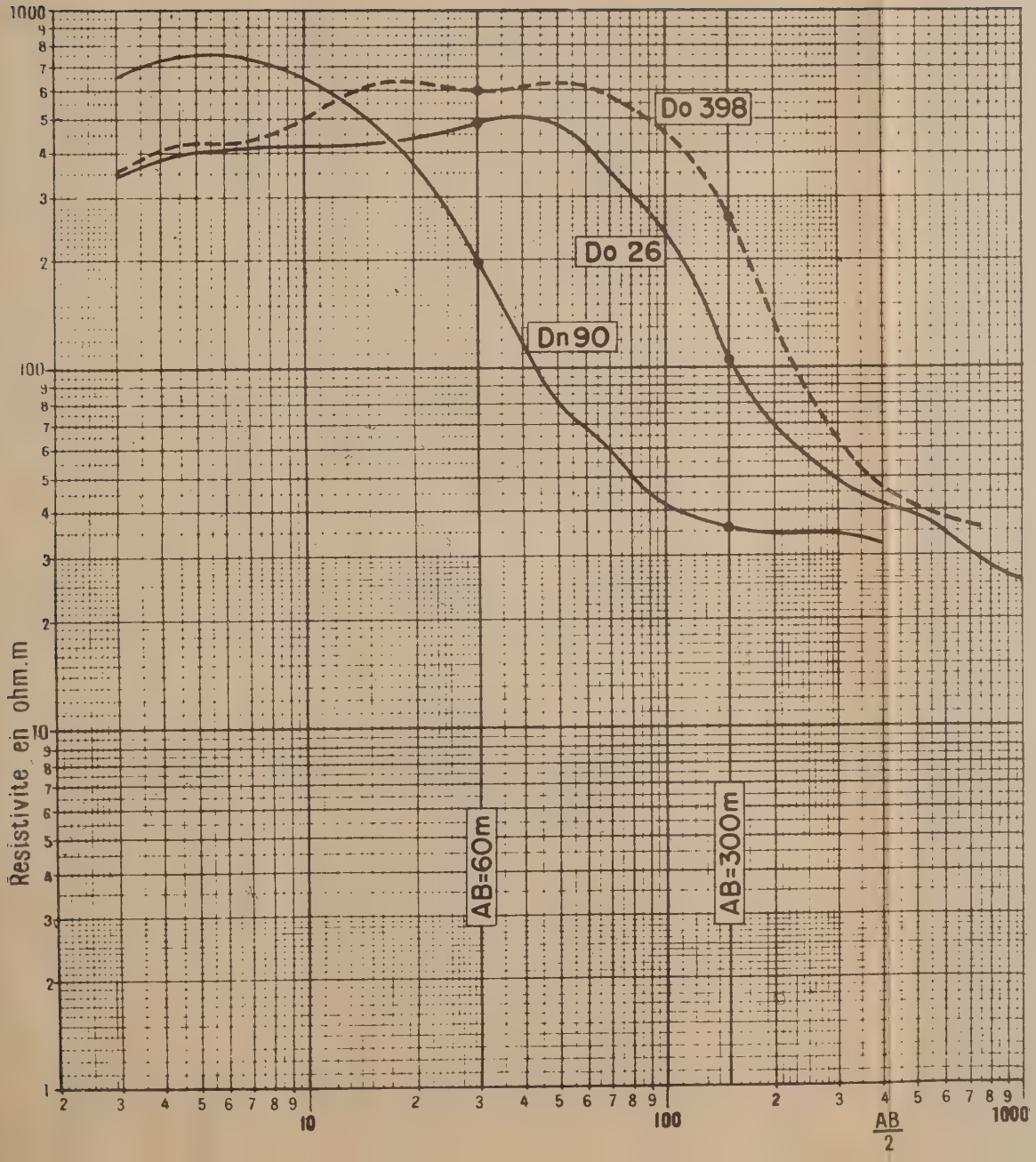
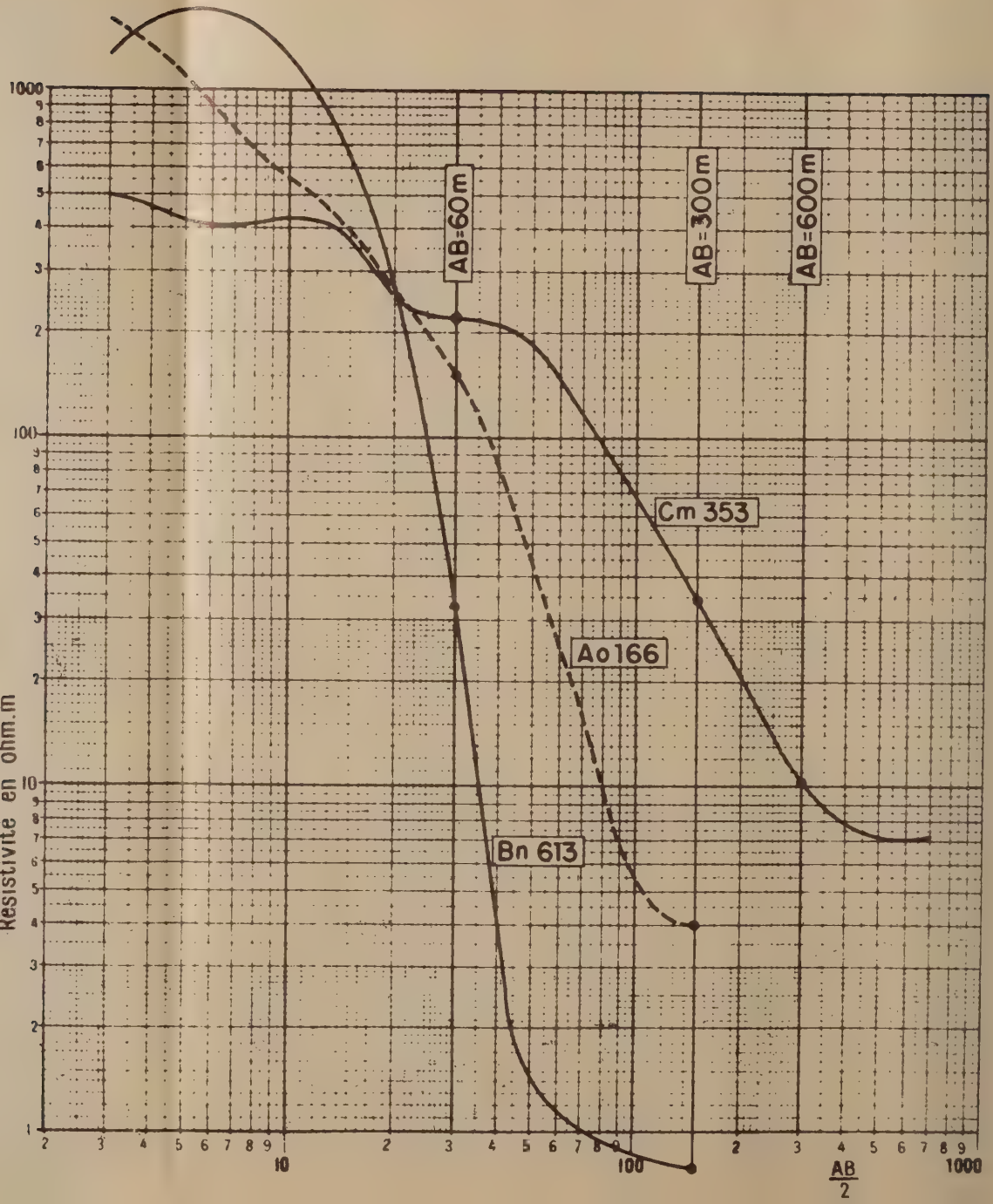

Do 398
Do 26
Dn 90
AB=60m
AB=300m
Resistivite en ohm.m
1000
100
10
1
AB/2

FIG 6


AB=60m
AB=300m
AB=600m
Cm 353
Ao 166
Bn 613
Résistivité en ohm.m
1000
100
10
1
2 3 4 5 6 7 8 9
10
100
1000
AB/2

On comprend ainsi qu'une carte où sont reportées les valeurs de la résistivité pour une courte longueur de ligne (en l'occurrence A B = 60 m correspondant à une profondeur d'investigation approximative de l'ordre de 15 m) fera apparaître les différences de nature des formations superficielles. La carte des résistivités pour une grande longueur de ligne (en l'occurrence A B = 300 m) sera entièrement indépendante des hétérogénéités de surface.

2) Inversement, supposons que la *nature des terrains profonds* est différente, comme c'est le cas aux S.E. Dn 90 et Cp 33 que nous avons rassemblés sur la figure 4 C. La résistivité pour la ligne A B = 60 m est sensiblement la même. Par contre, les résistivités pour la ligne A B = 300 m sont très différentes. C'est qu'en dessous de la lave superficielle, nous avons au S.E. Cp 33 une autre lave plus profonde, et au S.E. Dn 90 des tufs.

De cette façon, ce que ne voit pas la carte en ligne A B = 60 m apparaît clairement sur la carte en ligne A B = 300 m, dont la profondeur d'investigation est plus élevée (jusqu'à 60 m).

3) On peut pousser plus loin le raisonnement et choisir une longueur de ligne encore plus grande. Par exemple, la coulée profonde visible sur le S.E. Fn 427 (figure 4D) n'apparaît pas, ou mal, avec les résistivités en ligne A B = 60 m ou A B = 300 m. Elle ressort par contre nettement avec les résistivités en ligne A B = 60 mm.

Ainsi trois cartes de résistivités en ligne A B = 60, 300 et 600 m rendent compte successivement de la nature du sous-sol à des profondeurs de plus en plus fortes.

4) Ces cartes reflètent, en outre, les variations d'épaisseur de certaines formations, en particulier des coulées les moins profondes Les trois S.E de la figure 5, choisis sur des coulées superficielles d'épaisseurs croissantes, montrent en effet que les résistivités en ligne A B = 6 ou en lignes A B = 300 augmentent avec l'épaisseur de la lave Il s'ensuit que les cartes de résistivités non seulement mettent en évidence les coulées au sein des tufs, mais aussi en font apparaître les *axes c'est-à-dire les points bas de leur mur.*

5) Les cartes de résistivités permettent aussi de donner une idée de *l'invasion saline* à différents niveaux. Les trois S.E. de la figure 6 ont atteint la nappe salée à des profondeurs croissantes du S.E. Bn 613 au S.E. Cm 353. Remarquons que cet approfondissement de la nappe s'accompagne d'une décroissance de la salinité, ce qui est normal (la concentration en sel varie en sens inverse de la résistivité finale de chaque diagramme). Il est clair que les résistivités en différentes longueurs de ligne A B dépendent à la fois de la profondeur de la nappe salée et de la concentration en sel.

L'examen de ces divers exemples va nous permettre de bien com-

prendre l'analyse de chacune des cartes de résistivités à laquelle nous allons passer. Le mode de représentation de l'échelle des résistivités est la suivante : une couleur foncée est attribuée aux plages résistantes dont les axes principaux sont marqués en noir, et une teinte plus claire est réservée aux zones particulièrement conductrices.

a) *Carte des résistivités en ligne A B = 60 m* (figure 7)

Les plages les plus résistantes de cette carte sont localisées dans les parties du Nord et de l'Est de la plaine, à l'Est de la ligne Nouvelle Découverte — Trou aux Biches. Elles correspondent aux basaltes superficiels de quatre grands ensembles volcaniques récents :

— Le *groupe de Forbach* est le plus septentrional ; les ramifications de ses coulées de laves constituent toutes les avancées rocheuses de la côte entre Grande Baie et l'Ile d'Ambre.

— Le *groupe du Mount* ne possède qu'une coulée principale et n'intéresse que le secteur des Pamplemousses. Cette coulée se dirige du Mount vers Trou aux Biches et ne commence à se diviser qu à partir de Butte aux Papayes pour couvrir toute la zone comprise entre Pointe aux Piments et Grande Baie.

— Le *groupe de Piton*, le plus central, a produit deux coulées principales dans le secteur de Rivière du Rempart, l'une vers Poudre d'Or — Bassin Humbert, l'autre vers Ile d'Ambre — Pointe des Lascars.

— Le *groupe de la Plaine des Roches*, le plus étendu des quatre, occupe toute la partie Sud-Est de la plaine. Il constitue de grandes zones rocailleuses de laves généralement très vacuolaires, dont les avancées vers la mer forment les pointes rocheuses de la région Roche Noire — Pointe Lafayette. Ce groupe ne possède qu'une coulée principale, très ramifiée, dont la direction générale est Sud-Ouest — Nord-Est. L'examen des photos aériennes montre que cette coulée semble provenir du volcan de l'*Escalier* situé à 3 km environ au Sud-Ouest du réservoir de la Nicolière.

Les plages les plus conductrices de la carte appartiennent à deux catégories : les unes, localisées sur la côte, correspondent à des *terrains salés* par l'invasion de l'eau de mer, les autres, à l'intérieur des terres, sont généralement produites par des terrains *argileux de surface*. Ces terrains argileux peuvent être, soit des altérations de tufs ou de basaltes sous-jacents, soit des dépôts détritiques de tufs très fins.

b) *Carte des résistivités en A B = 300 m* (figure 8)

Sur cette carte, les basaltes des quatre grands ensembles volcaniques de Forbach, Mount, Piton et Plaine des Roches sont encore nettement marqués. Ceux de Forbach et du Mount constituent des plages résistantes dont la superficie est aussi importante que sur la carte précé-

Fig. 7

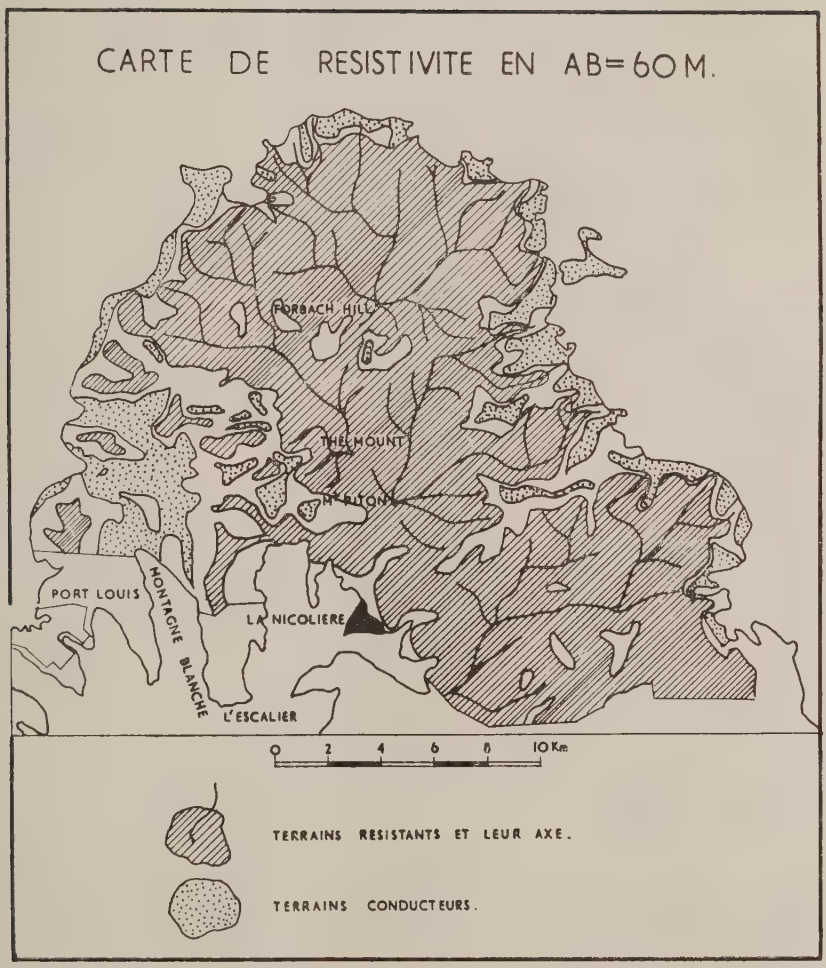
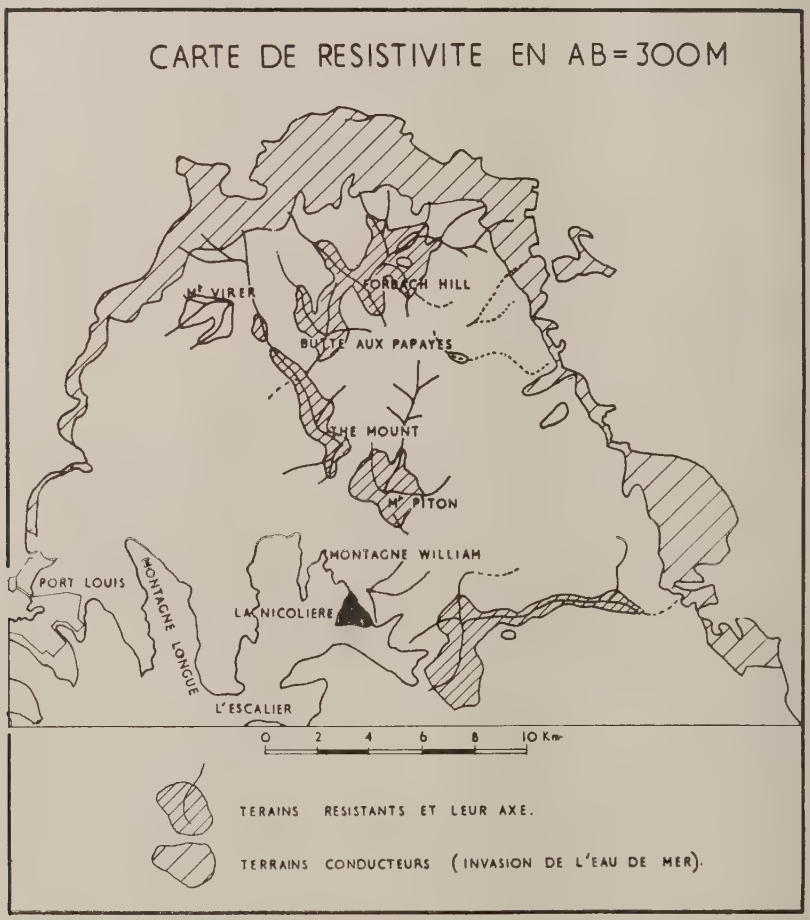

CARTE DE RESISTIVITE EN AB=60M.
FORBACH HILL
THE MOUNT
Mt PITON
PORT LOUIS
MONTAGNE BLANCHE
L'ESCALIER
LA NICOLIERE
0 2 4 6 8 10Km
TERRAINS RESISTANTS ET LEUR AXE.
TERRAINS CONDUCTEURS.

Fig. 8


CARTE DE RESISTIVITE EN AB=300M
Mt VIRER
FORBACH HILL
BUTTE AUX PAPAYES
THE MOUNT
Mt PITON
MONTAGNE WILLIAM
PORT LOUIS
MONTAGNE LONGUE
LA NICOLIERE
L'ESCALIER
0 2 4 6 8 10 Km
TERAINS RESISTANTS ET LEUR AXE.
TERRAINS CONDUCTEURS (INVASION DE L'EAU DE MER).

dente. Par contre, les laves du Piton et de la Plaine des Roches ont ici une extension plus réduite.

De plus, trois autres systèmes résistants, qui n'étaient pas repérés avec la ligne A B = 60 m, apparaissent sur la carte en A B = 300 m. Ce sont ceux de *Butte aux Papayes*, *Mont Virer* et *Montagne William*. Sur les flancs de *Montagne Longue* est indiquée également une zone résistante, mais elle est de faible étendue.

Les plages très conductrices de l'intérieur du secteur n'existent plus ou sont d'importance très réduite, tandis que celles de la bordure côtière sont très développées, surtout sur la côte Nord, de Pointe aux Piments à l'Ile d'Ambre, et sur le promontoire de l'Est du secteur compris entre Anse des Requins et Beau Port. Les terrains argileux de surface ne sont donc presque plus indiqués ici, tandis que *l'invasion de l'eau de mer en profondeur est bien marquée.*

c) *Carte des résistivités en A B = 600 m* (figure 9)

Les systèmes résistants de cette carte ont une extension plus grande que sur la carte précédente, sauf celui de Forbach qui est nettement réduit et semble se limiter à la partie amont de ses coulées. En particulier, Mont Virer, Butte aux Papayes, Montagne Longue et Montagne William qui n'apparaissent pas en A B = 60 m prennent de l'importance en ligne A B = 600 m. Les coulées de Mont Piton et de Plaine des Roches sont de même plus étendues que sur la carte en A B = 300 m, mais le sont cependant moins qu'en A B = 60 m.

Quant aux zones conductrices de la côte, correspondant aux terrains salés elles intéressent des bandes plus larges qu'en A B = 300 m et sont encore plus développées au Nord du secteur et sur le promontoire de l'Est.

Les plages de résistivités comprises entre 20 et 40 ohm.m, très importantes, correspondent vraisemblablement à la présence uniforme de tufs ou de scories à eau douce.

d) *Interprétation récapitulative des trois cartes. Carte de synthèse* (figure 10)

1) Au *point de vue géologique* les cartes de résistivités mettent en évidence huit ensembles volcaniques qu'il est possible de classer chronologiquement.

Les volcans qui ont participé à la phase d'activité la plus récente, à la fin du Tertiaire ou au début du Pleistocène, sont sans conteste ceux de *Forbach*, *Mount*, *Piton* et *l'Escalier — Plaine des Roches*. D'après l'importance relative des coulées résistantes sur les trois cartes de résistivités, nous déduirons que Forbach et Mount semblent n'avoir eu qu'une activité nulle ou très réduite pendant la première phase volcanique, au début de l'ère tertiaire, ou même pendant la phase intermédiaire de la

deuxième moitié de Tertiaire. Par contre Piton et L'Escalier — Plaine des Roches ont participé à la fois aux éruptions anciennes et aux éruptions récentes.

Les quatre autres systèmes volcaniques de la Plaine du Nord sont ceux de *Mont Virer*, *Butte aux Papayes*, *Montagne Longue* et *Montagne William*. Leurs terrains résistants ont été formés lors des phases d'activité les plus anciennes, car ils sont recouverts par des tufs ou par une importante couche d'altération superficielle. Les ensembles de Montagne Longue et Montagne William ont cessé leur activité avant Butte aux Papayes et Mont Virer, car ils possèdent les plus épais recouvrements d'altérations argileuses ou de tufs. Jusqu'à présent les éruptions de la deuxième période volcanique n'avaient été localisées par les géologues que dans le Sud-Ouest de l'île. Il apparaît maintenant qu'elles ont eu lieu également dans la plaine du Nord.

2) Au *point de vue hydrologique*, les cartes des résistivités font apparaître deux faits fondamentaux :

— Il n'existe pas un substratum imperméable, car les terrains profonds anciens ou récents, sont envahis par l'eau de mer et sont donc tous plus ou moins perméables.

— La nappe d'eau douce a pour substratum la nappe salée et se termine en biseau dans la bordure côtière.

Coupes AA' et BB' (figure 11).

Les deux coupes AA' et BB' ont pour but de donner une idée de tous ces résultats. Ce ne sont que des schémas, et elles ne doivent être considérées que comme telles, en particulier les profondeurs qu'elles indiquent sont approximatives.

La coupe AA' traverse toute la plaine, du Nord-Ouest au Sud-Est; elle montre que les coulées du Mount se sont dirigées vers le Nord-Ouest en recouvrant au passage les terrains du système de Butte aux Papayes parce que le bloc plus ancien du Piton barrait la route vers l'Est. D'autre part, on y remarque au Sud-Est l'étalement et la faible épaisseur des laves récentes de la Plaine des Roches.

De même la coupe BB', située dans la partie Nord du secteur, illustre bien le passage de la coulée du Mount entre les deux systèmes de Mont Virer et de Butte aux Papayes, et le rôle de barrière joué par la Butte aux Papayes devant les laves de Forbach.

Enfin ces deux coupes nous donnent une bonne représentation schematique du berceau d'eau douce sur la nappe salée dans les zones côtières.

V. Étude hydrologique

Compte tenu de tout ce qui précède, le problème hydrologique se ramène à chercher dans l'ensemble des formations volcaniques les terrains

Fig. 9

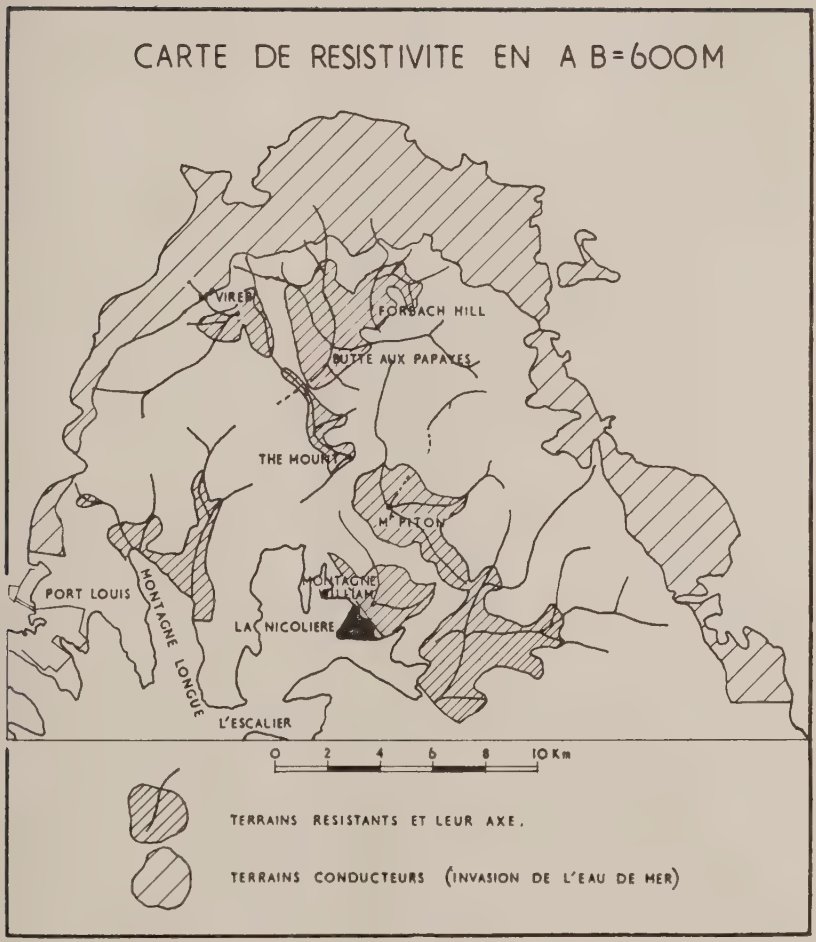
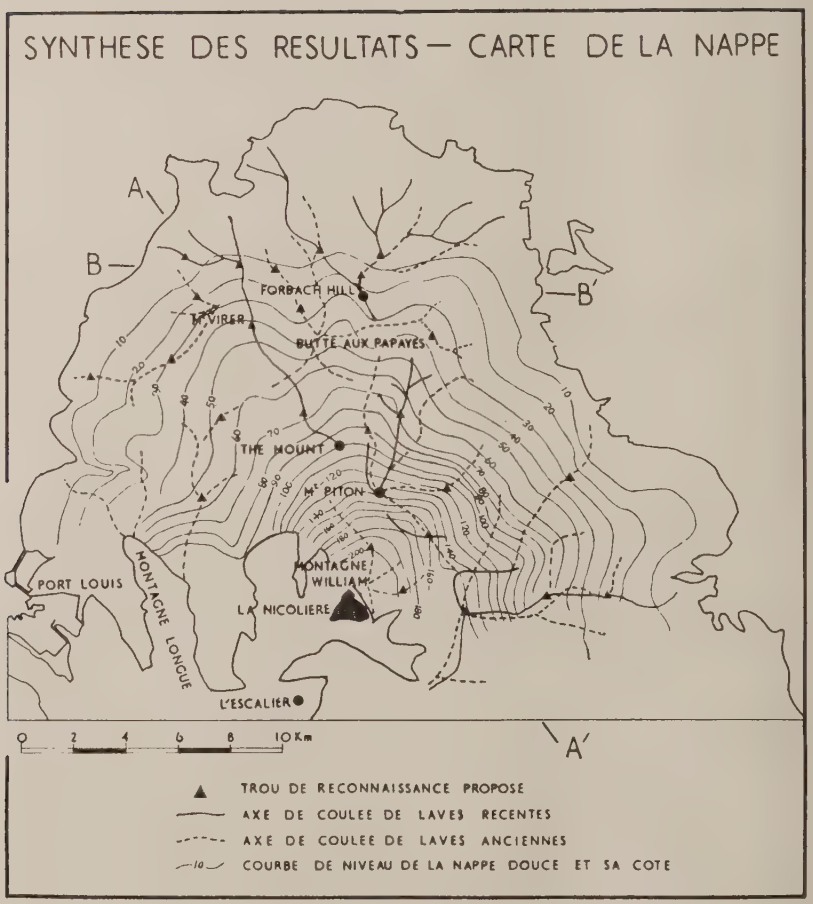

CARTE DE RESISTIVITE EN A B=600M
VIREP
FORBACH HILL
BUTTE AUX PAPAYES
THE MOUNT
Mt PITON
MONTAGNE WILLIAM
LA NICOLIERE
PORT LOUIS
MONTAGNE LONGUE
L'ESCALIER
0 2 4 6 8 10 Km
TERRAINS RESISTANTS ET LEUR AXE.
TERRAINS CONDUCTEURS (INVASION DE L'EAU DE MER)

Fig. 10


SYNTHESE DES RESULTATS — CARTE DE LA NAPPE
A
B
B'
A'
FORBACH HILL
M. VIRER
BUTTE AUX PAPAYES
THE MOUNT
Mt PITON
MONTAGNE WILLIAM
LA NICOLIERE
PORT LOUIS
MONTAGNE LONGUE
L'ESCALIER
0 2 4 6 8 10 Km
TROU DE RECONNAISSANCE PROPOSE
AXE DE COULEE DE LAVES RECENTES
AXE DE COULEE DE LAVES ANCIENNES
COURBE DE NIVEAU DE LA NAPPE DOUCE ET SA COTE

susceptibles d'assurer les plus gros débits, tout en restant à l'abri de l'invasion saline.

Nous avons admis que les laves étaient beaucoup plus perméables que les tufs, et qu'elles pouvaient fonctionner comme de véritables drains. Il est à examiner comment s'effectue l'alimentation des divers réseaux de laves, et pour cela il était indispensable de rassembler tous les éléments fournis par les points d'eau existants.

Carte de la nappe phréatique

Des prises d'échantillons ont été effectuées au cours des relevés de points d'eau, elles ont permis de faire des mesures de résistivités et des analyses chimiques. Mais ces résultats sont discutables parce que la plupart des puits sont abandonnés depuis trop longtemps et parfois même pollués; ils ne seront utilisés qu'après leur confirmation par des forages d'exploration dont les données seront beaucoup plus sûres et plus précises.

Le plus important de la documentation recueillie consiste dans la connaissance des cotes du niveau de la nappe phréatique. Toutes les cotes, obtenues dans l'ensemble de la plaine, obéissent à une loi générale, en ce sens qu'il est possible de tracer à partir d'elles une carte régulière en courbes de niveau. Il faut donc admettre que le niveau phréatique atteint par les puits correspond au niveau *statique d'une nappe d'eau générale* qui baigne la totalité de la plaine.

Cette nappe plonge plus ou moins régulièrement vers la mer à partir d'une *zone d'alimentation principale* située dans la région de la Nicolière.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des particularités de la carte (cf. figure 10); signalons simplement que l'examen des déformations de la nappe en fonctions de la répartition des diverses formations volcaniques donne une idée de la circulation de l'eau dans les terrains perméables, et de leur alimentation. Ceci permet même de confirmer les hypothèses de base, à savoir:— les tufs sont peu perméables et l'on ne doit donc pas en attendre de gros débits, mais, en revanche, l'invasion marine s'y fait peu sentir dans les régions côtières, — les laves à grande perméabilité de fissures sont par contre le siège de circulations importantes. Les laves récentes, tout au moins les plus épaisses, drainent la partie supérieure de la nappe et apportent l'eau douce jusqu'à la côte.

VI. Choix des emplacements des ouvrages de reconnaissance

Avec tous les éléments géologiques et hydrologiques que nous possédons nous pouvons établir un programme de reconnaissance des zones qui nous paraissent les plus favorables, c'est-à-dire des coulées de lave principales. Nous conseillons aussi quelques études des possibilités hydrologiques des tufs dans certains secteurs.

Ces reconnaissances auront pour but de déterminer avant les ouvrages d'exploitation définitifs, les perméabilités, les débits possibles,

les variations saisonnières du niveau piézométrique, les qualités de l'eau, éventuellement les salinités et les profondeurs exactes du front salé.

Il faut donc prévoir, pour chaque système de laves, plusieurs puits ou forages, et des observations d'assez longue durée. Un programme complet ne peut bien entendu être établi d'emblée, les résultats de chaque ouvrage conditionnant la marche à suivre pour les ouvrages suivants.

Il serait trop long d'exposer ici les reconnaissances envisagées pour chaque ensemble volcanique, signalons simplement que les ouvrages proposés sont portés sur la carte de la figure 10 et que les profondeurs à atteindre sont toutes comprises entre 50 et 120 mètres.

VII. Conclusions

La prospection de la plaine septentrionale a montré que les formations volcaniques anciennes ne constituent pas un substratum imperméable : l'eau salée envahit indistinctement les formations anciennes aussi bien que les modernes. Sur la nappe salée repose une nappe douce qui imprègne l'ensemble des terrains. Ces terrains sont représentés en majorité par des tufs au sein desquels les coulées basaltiques sont plus ou moins bien individualisées. La prospection électrique a permis de mettre en évidence les plus importantes d'entre elles et de les rattacher à huit systèmes volcaniques principaux :

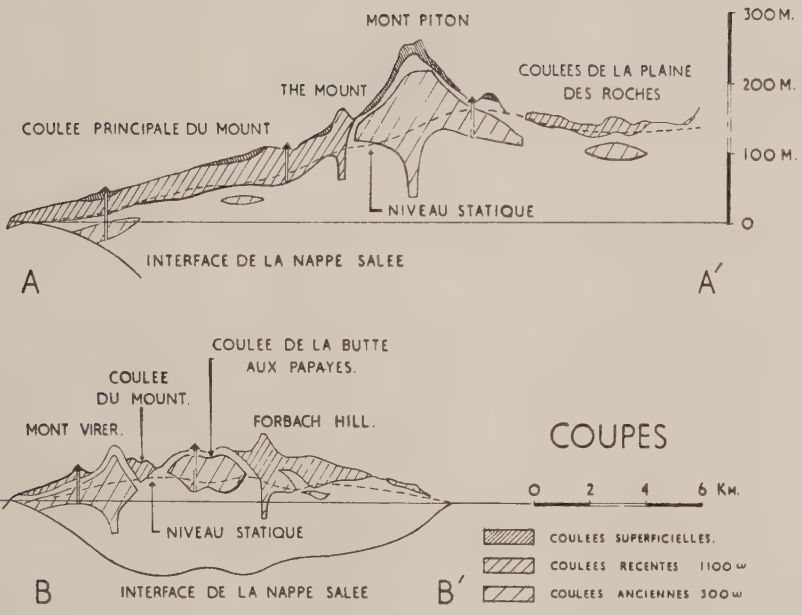
Montagne Longue, Montagne William,
Mont Virer, Butte aux Papayes,
Mont Piton, Escalier-Plaine des Roches,
Mount Forbach.

Trois cartes de résistivités à profondeurs d'investigation différentes, et la considération de la profondeur et du degré d'altération des laves, nous ont amenés à classer chronologiquement les activités de ces divers systèmes.

Etant donné que les basaltes fissurés sont très perméables c'est leur répartition au milieu des tufs argileux qui commande l'hydrologie de la région. L'examen comparatif de cette répartition et de l'allure du niveau phréatique donne une idée générale des possibilités aquifères des différentes coulées.

La reconnaissance des divers systèmes volcaniques doit constituer la dernière partie de l'étude hydrologique. Un certain nombre d'emplacements ont été proposés pour l'implantation des ouvrages. Des observations méthodiques concernant la nature des terrains traversés, la qualité des eaux, les variations du niveau statique et surtout des essais de pompage prolongés permettront d'établir une sorte de bilan hydrologique de chaque système volcanique, c'est alors seulement que pourra être définitivement mis au point un programme rationnel d'exploitation des eaux souterraines.

Fig. 11


MONT PITON
THE MOUNT
COULEES DE LA PLAINE DES ROCHES
COULEE PRINCIPALE DU MOUNT
300 M.
200 M.
100 M.
0
NIVEAU STATIQUE
INTERFACE DE LA NAPPE SALEE
A
A'
COULEE DE LA BUTTE AUX PAPAYES.
COULEE DU MOUNT.
MONT VIRER.
FORBACH HILL.
COUPES
0 2 4 6 Km.
NIVEAU STATIQUE
COULEES SUPERFICIELLES.
COULEES RECENTES 1100 ω
COULEES ANCIENNES 300 ω
B
INTERFACE DE LA NAPPE SALEE
B'

TRANSPORT ET CHARGEMENT DE CANNES

par

G. MAZERY

Senior Field Officer M. S. I. R. I.

Lorsque j'acceptais de faire une causerie sur le transport et le chargement des cannes à Maurice, je me proposais simplement de parler brièvement de quelques machines relativement récentes et encore peu connues qui sont affectées à ce travail. Bien vite, cependant, je me suis rendu compte qu'il serait intéressant d'attirer également l'attention des usagers sur quelques autres aspects du problème.

La plupart des planteurs pensent d'ailleurs qu'un progrès sensible pourrait être fait dans ce domaine, mais, vu la complexité du problème, ils ne savent souvent pas comment entreprendre d'une façon rationnelle les réformes qui s'imposent.

Si l'on considère d'autre part que l'item transport représente de 17 à 22 pour cent du coût de la canne rendue à l'usine il semble que l'industrie gagnerait à confier à un groupe de spécialistes le soin d'étudier méthodiquement le problème et d'agir comme conseillers auprès des planteurs.

Afin de demeurer dans le cadre fixé, j'ignorerai au cours de cette causerie, le tramway ainsi que les camions ordinaires et autres véhicules routiers très connus. Je me contenterai seulement de faire mention de quelques machines moins connues que je considère intéressantes, puis, d'effleurer d'autres aspects du problème, l'entretien du matériel et enfin le coût du transport.

A. Machines

1. *Tracteur avec remorques* — (Type Fordson)

Ce type de tracteur est employé sur une assez grande échelle pour les transports dans un rayon de 1 à 2 milles. Il semble toutefois que ce tracteur pourrait être utilisé plus largement. Par exemple, on pourrait avantageusement le faire tirer des trains de plusieurs remorques sur des itinéraires assez longs. Il suffirait pour cela d'avoir des remorques équipées de freins et pourvues d'un système d'attache qui permettrait au convoi de voyager exactement sur les traces du remorqueur. Ce dispositif existe et serait certainement utilisable pour le transport des cannes.

2. *Chargeur avec treuil*

Ce système de chargement nécessite des corbeilles spéciales genre " Benne Marrel ". C'est en fait une adaptation d'un dispositif inventé par

un fermier sud-africain en 1954. Il a été utilisé ici pour la première fois sur un tracteur Ferguson du M. S. I. R. I. Subséquemment il a été essayé sur un camion de la Propriété Bénarès et aujourd'hui il est fabriqué en série par une firme locale qui y a apporté de nombreux perfectionnements. Le système consiste essentiellement à faire monter une corbeille sur un chassis muni de rouleaux au moyen d'un treuil monté à l'avant du chassis. La force motrice est obtenue d'une prise sur la boîte de vitesse du tracteur ou du camion. Monté sur un chassis de camion, il réunit tous les avantages du camion ordinaire et de la "Benne" De plus, il peut être combiné avec un dispositif de bascule, ce qui lui donne encore plus de valeur.

Des essais comparatifs faits l'année dernière sur deux camions ont été si concluants qu'une grosse exploitation sucrière de l'île a décidé de remplacer ses 27 camions ordinaires à essence par des camions à huile lourde munis de ce dispositif. L'économie qui sera ainsi réalisée sur les frais de transport est estimée à environ Rs. 150,000 annuellement, compte tenu de la dépréciation du matériel.

3. *Remorque Bell*

Cette remorque extrêmement simple s'accroche à un tracteur ordinaire (type Ferguson). Elle se compose d'un chassis monté sur deux roues et portant à sa partie avant un cabestan tandis que sa partie arrière est inclinée vers le bas et agit comme glissière. Les cannes préalablement entassées dans le champ sont liées par un cable d'acier et tirées sur la remorque au moyen du cabestan. Une prise sur la boîte de vitesse du tracteur procure la force motrice requise.

Cette remorque a l'avantage de se dispenser de corbeilles et de chaînes. Elle porte couramment une charge de 4½ tonnes. La manœuvre de chargement se fait très rapidement, le déchargement des cannes s'effectue directement dans la chaîne d'alimentation de l'usine. Le principal désavantage du système est le fait que les cannes se trouvant dans le sens transversal de la remorque rendent le véhicule très encombrant, ce qui limite ses possibilités.

La remorque "Bell" n'est pas très connue, mais il est certain qu'elle pourrait être exploitée avantageusement dans bien des cas.

4. *Remorque "Benada"*

Cette remorque est tirée par un tracteur ordinaire. Le chassis monté sur deux roues, est muni d'une corbeille à bascule articulée transversalement sur sa partie arrière. Pour le chargement, la corbeille est basculée, forcée sous le tas de cannes à être chargées, puis ramenée avec sa charge à la position de route au moyen d'un système de leviers.

La charge utile de ce tracteur est théoriquement de 5 tonnes mais en pratique, à Maurice, elle charge et transporte 3 tonnes à la fois. Son encombrement est le même que celui de la "Bell", mais son mécanisme est sensiblement plus important.

5. *Tracteur "Unimog"*

Cette machine, importée récemment, est un tracteur à 4 roues motrices. Elle se prête à l'exécution des travaux agricoles les plus variés et sa puissance de traction est considérable. D'après les constructeurs elle peut tirer des charges d'environ 40 tonnes et semblerait ainsi plus indiquée que n'importe quel autre tracteur pour le transport de cannes par trains de remorques.

Nous espérons que vous aurez l'occasion de voir cette machine tout à fait originale à l'œuvre, jeudi prochain, en même temps que les autres dont je viens de vous parler.

B. Mode de paiement de la main d'œuvre

1. La pratique la plus courante consiste à donner au chauffeur du véhicule, employé au mois, et à ses manœuvres, un bonus fixe ou variable par tonne transportée au-dessus d'un minimum fixé. Cette méthode ne donne pas toujours des résultats appréciables au point de vue de l'efficience du véhicule.

2. Dans certains cas, en sus du bonus sur le transport, le chauffeur reçoit un bonus mensuel de 15 à 20 roupies si au cours du mois il n'a fait preuve d'aucune négligence pour l'entretien de son véhicule. Cette mesure semble être très effective.

3. Une méthode de travail assez particulière consiste à louer le camion au chauffeur qui lui l'exploite comme un taxi. Il est payé au tonnage ou à forfait. La propriété reste responsable du contrôle de l'entretien et du graissage, tandis que le chauffeur fait les frais du combustible. Dans certains cas où ce mode d'exploitation a été adopté, le transport effectué par camion a passé de 20 à 45 tonnes de cannes par jour. Ce système élimine pratiquement la nécessité d'un contrôle stricte sur la consommation de combustible, la moindre anomalie étant signalée immédiatement par le chauffeur lui-même.

Il faut cependant remarquer qu'ici le facteur individuel a une importance capitale et que le véhicule subit parfois une dépréciation exagérée. Cette méthode demande donc à être appliquée avec circonspection.

C. Entretien des véhicules

Pour assurer un bon entretien des véhicules il faut avant tout veiller au bon fonctionnement de tous les instruments de bord. Cela est essentiel pour le contrôle du graissage aussi bien que pour le contrôle de la consommation de combustible.

Il est impérieux, également, de disposer d'un bon outillage, de locaux convenables et d'un personnel adéquat pour obtenir un service effectif de réparations. Trois exemples suffiront pour mettre en évidence

l'influence de ce service sur le coût du transport : dans deux cas, la réforme du système a fait baisser la consommation de combustible de 66% environ. Dans un troisième cas une amélioration de l'outillage et de l'aménagement de l'atelier a permis une réduction de 25% des frais d'entretien et de réparations.

Il est probable qu'une visite organisée des quelques garages les plus modernes permettrait aux employés du transport des propriétés sucrières d'acquérir en quelques heures une expérience qui autrement leur demanderait des années.

D. Coût du transport

La répartition équitable des frais pour les différents transports sur un établissement sucrier, pose aux comptables un problème très complexe ; tous d'ailleurs ne sont pas d'accord sur le meilleur moyen de le résoudre. En fait les solutions préconisées ne sont que des approximations. Il faudrait, cependant, que celles-ci soient aussi près que possible de la réalité pour permettre une étude comparative des différents moyens de transport et guider la marche à suivre dans ce domaine.

Le coût du transport s'exprime généralement d'une des trois façons suivantes :

1. *Roupies-sous par tonne mille de charge utile.*

Cette méthode prend en considération toutes les dépenses encourues, y compris la dépréciation, mais ne tient pas compte de la distance parcourue à vide ou à charge réduite.

2. *Roupies-sous par mille parcouru.*

Cette méthode ne prend pas en considération la charge utile transportée mais seulement la distance totale parcourue pour la course. Le chiffre obtenu dans ce cas est probablement plus près de la réalité lorsqu'il s'agit du transport de main d'œuvre ou d'autres transports à charge réduite.

3. *Somme fixe par tonne de charge utile et échelle mobile pour la distance parcourue.*

Cette méthode a été expliquée et préconisée par M. Francis North Coombes à l'occasion du Congrès Sucrier de 1958. (Voir Appendice I). Elle est probablement la plus rationnelle, mais il semble que les items réparations et entretien ainsi que dépréciation devraient frapper d'avantage les " frais d'utilisation " que les " frais fixes ".

Pour obtenir une estimation plus précise du coût des différents transports, il serait peut-être mieux de prendre en considération le déplacement total en " tonnes mille " aussi bien que la charge utile. Cela permettrait en même temps de juger de l'efficience dans l'emploi du véhicule.

Un employé de propriété a suggéré d'estimer le coût relatif des différents transports en prenant en considération la quantité de combustible consommé dans chaque cas. Cette méthode serait probablement la plus exacte, mais il faudrait pour l'adopter placer sur la canalisation de combustible un compteur précis. La quantité de combustible utilisé étant fonction de l'effort déployé, donc de l'usure du véhicule, il serait facile d'estimer la proportion des frais à être frappée dans chaque cas.

Avant de conclure je voudrais attirer l'attention sur le fait que lorsqu'on calcule les frais de transport routier on ne prend pas en considération les frais supplémentaires pour l'entretien des routes alors que dans le cas du tramway l'entretien de la voie ferrée est tenu en ligne de compte. Peut-être qu'une révision de la comptabilité dans ce sens pourrait entraîner dans certains cas la révision de la politique de transport.

J'ai conscience d'avoir traité bien superficiellement un sujet vaste et complexe, mais si seulement cette causerie pouvait inviter les usagers à repenser leur problème de transport, elle n'aura pas été tout à fait inutile.

Appendice 1

Calcul du coût du transport par différentes méthodes à partir des données suivantes qui sont une amalgamation des chiffres obtenus de 3 propriétés sucrières.

Travail effectué

1. Charge utile transportée	103,872	tonnes
2. Déplacement de charge utile	332,390	tonnes/mille
3 Distance moyenne	3.2	milles
4. Distance totale parcourue par les véhicules pour aller et retour	147,724	milles
5. Déplacement des véhicules @ 3.5 tonnes de tare moyenne	517,034	tonnes/mille

Dépenses encourues :

1. Réparations bâtiments	Rs	3,200
2. Salaires employés		6,500
3. Assurances et taxes		16,460
4. Dépenses diverses		1,750
5 Dépréciation		49,375
6. Gratification		19,500
7. Réparations véhicules		63,470
8. Entretien		8,655
9 Chauffeurs et manœuvres		65,260
10. Combustible et lubrifiants		53,100
11. Pneus et chambres		31,680
12. Proportion frais généraux		61,190
TOTAL ...	Rs	380,140

Répartition des frais

1. *Méthode roupies-sous par tonne mille de charge utile*

Dépenses totales	Rs	380,140
Charge utile déplacée		332,390 tonnes mille
∴ Coût du transport		$\frac{380,140}{332,390}$ = Rs 1.14/tonne/mille

2. *Méthode roupies-sous par mille parcouru*

Dépenses totales ...	Rs	380,140
Distance parcourue ...		147,724 milles
∴ Coût du transport ...		$\frac{380,140}{147,724}$ = Rs 2.57 par mille

3. *Méthode Francis Coombes*

Frais fixes

a) Réparation des véhicules	Rs	63,470
b) Réparations aux bâtiments		3,200
c) Salaires ...		6,500
d) Assurances et taxes ...		16,460
e) Dépenses diverses ...		1,750
f) Gratifications (50 %) ...		9,750
g) Dépréciation ...		49,375
h) Proportion des frais généraux		61,190
TOTAL ...	Rs	211,595

Frais fixes = $\frac{211695}{103872}$ = Rs 2.04 par tonne transportée

Frais d'utilisation

a) Entretien des véhicules	8,655
b) Chauffeurs et manœuvres	65 266
c) Combustible et lubrifiants	5,3100
d) Pneus et chambres	31,680
e) Gratifications (50 %)	9,750
TOTAL	168,445

Frais d'utilisation = $\frac{168445}{332390}$ = Rs 0.51 par tonne/mille

Dépenses totales Rs 380,140

Comparaison des prix de revient calculés selon les différentes méthodes

Méthode	Rs. cs. / tonne/mille		Rs. cs. / mille parcouru		Francis Coombes				Préconisée					
Transport effectué	Tonnes/mille de charge utile	Coût à Rs. 1.14 tonne / mille	No. de milles parcourus	Coût à Rs. 2.57 par mille	Charge utile tonnes/mille	Frais d'utilisation @ .51 cs /T.M.	Frais fixes @ Rs. 2.04/T. charge utile	Coût	Charge utile tonnes/mille	Déplacement véhicule tonnes/mille	Déplacement total tonnes/mille	Frais utilisation @ .29 cs tonne/mille	Frais fixes @ R. 1.31 tonne/mille	Coût
		Rs. cs.		Rs. cs.		Rs. cs.	Rs. cs.	Rs. cs.				Rs. cs.	Rs. cs.	Rs. cs.
Charge de :														
5 tonnes sur 3.2 milles	16.0	18.24	6.4	16.45	16.0	8.16	10.20	18.36	16.0	22.4	38.4	11.14	6.55	17.69
5 „ „ 10.0 „	50.0	57.00	20.0	51.40	50.0	25.50	10.20	35.70	50.0	70.0	120.0	34.80	6.55	41.35
2.5 „ „ 3.2 „	8.0	9.12	6.4	16.45	8.0	4.08	5.10	9.18	8.0	22.4	30.4	8.82	3.27	12.09
2.5 „ „ 10.0 „	25.0	28.50	20.0	51.60	25.0	12.75	5.10	17.85	25.0	70 0	95.0	27.55	3.27	30.82
Camion à vide sur 10.0 milles	0.0	0.00	20.0	51.40	—	0.00	0.00	0.00	—	70.0	70.0	20.30	—	20.30
Coût des cinq courses	—	158.40	—	187.10	—	—	—	78.54	—	—	—	—	—	122.25

Anomalies évidentes :

Méthode Rs. cs / tonne-mille.

1. Le coût du transport à pleine charge est le double du coût à moitié charge.
2. Le coût du déplacement à vide est considéré comme nul.
3. Le coût a augmenté dans la proportion de 1:3.1 avec la distance, ce qui est exagéré.

Méthode Rs. cs / mille parcouru.

1. Le coût du déplacement à vide est le même que celui du transport à pleine charge.
2. Le coût augmente avec la distance comme en 3 ci-dessus.

Méthode Francis Coombes.

1. Le coût du déplacement à vide est considéré comme nul.
2. Le coût du transport à pleine charge est le double du coût à moitié charge.

Les chiffres obtenus par la *Méthode préconisée* ne présentent aucune des anomalies relevées ailleurs et semblent beaucoup plus proches de la réalité. Ils permettent, de plus, d'apprécier l'efficience de chaque véhicule en mettant en regard le déplacement de charge utile et le déplacement total en tonnes/mille.

4. Méthode préconisée (F. Coombes modifiée) *Frais fixes*

a) Entretien des véhicules	... Rs	8,655	
b) Réparations bâtiments	..	3.200	
c) Salaires	...	6,500	Frais fixes tonne transportée
d) Assurances et taxes	...	16,460	$= \frac{136,265}{103,872} =$ Rs 1.31 tonne
e) Dépenses diverses	...	1,750	transportée
f) Gratifications (50%)	...	9,750	
g) Dépréciation (25%)		12,445	
h) Chauffeurs et manœuvres (25%)*	... ..	16,315	
i) Proportion des frais généraux	...	61,190	
TOTAL	Rs.	136,265	

Frais d'utilisation

a) Réparation des véhicules	Rs	63.470	
b) Chauffeurs et manœuvres (75%)*	...	84,945	Déplacement charge utile = 332,390 tonnes mille
c) Combustibles et lubrifiants		53,100	Déplacement véhicule 517,034
d) Pneus et chambres	...	31,680	,, total 849,324
e) Gratifications (50%)	...	9,750	Frais d'utilisation $\frac{243,875}{849,424} =$
f) Dépréciation (75%)	...	36,930	Rs 0.29/tonne/mille
TOTAL	Rs.	243,875	
Dépenses totates	Rs.	380,140	

* Un certain nombre de chauffeurs étant des employés au mois, une partie de leurs gages doit être considérée comme dépense fixe.

LA LUTTE CONTRE LA MALADIE DE FIDJI DE LA CANNE A SUCRE A MADAGASCAR

par

G. LAUFFENBURGER

Ingénieur en Chef d'Agriculture, Chef du Service de la Défense des Cultures à Madagascar

Historique

C'est à l'occasion d'un contrôle de la mosaïque de la canne à sucre que M. Barat, Chef de la Division de Phytopathologie de l'Institut de la Recherche agronomique de Madagascar découvrit à Ambodiatafana dans la région de Brickaville la maladie de Fidji en avril 1954 sur la variété M. 134/32.

Cette variété parce que résistante à la mosaïque avait été rapidement multipliée depuis 1952 dans cette région pour remplacer diverses variétés alors en culture, en particulier la Louzier (1). L'excellence de ses qualités en fit rapidement la canne reine de toute la région industrielle, au point qu'elle occupait au moment de la découverte de la maladie de Fidji, la presque totalité des cultures à vocation sucrière.

La mosaïque avait pratiquement disparu des plantations, mais était avantageusement remplacée si l'on peut dire par cette virose dont les cultures sucrières d'Australie avait failli quelques décades auparavant être les victimes.

A quand remontait l'introduction de la maladie ? Nul ne peut le fixer; encore qu'il soit vraisemblable de penser à un apport accidentel par des navires provenant des Philippines, venus mouiller dans les rades malgaches (Barat), soit quelques 10 ou 12 ans auparavant.

Sans doute fallut-il la multiplication rapide d'une variété ultra sensible pour qu'apparaissent les symptômes virulents du mal, et que déjà son aire d'expansion soit considérable.

Les premières observations et l'incidence prévisible de cette terrible maladie sur l'économie sucrière, amenèrent le Gouvernement Malgache à créer une section de lutte contre la maladie de Fidji, section specialisée du Service de la Défense des Cultures, pourvue des moyens immédiats d'action.

Dès le début furent pris des textes législatifs, s'appuyant tous sur la loi No. 52-1256 du 26 novembre 1952, relative à "l'Organisation de la Protection des Végétaux dans les territoires relevant du Ministère de la France d'Outre-Mer». Nous n'a ourdirons pas cette note par tous les

arrêtés et décisions pris pendant les premières années de lutte. Leurs références sont données en annexe.

Pour organiser la lutte, il fallait s'appuyer sur une hypothèse. C'est elle, que M. Barat formula après une visite en Australie, compte tenu des conditions particulièrement favorables dans lesquelles nous nous trouvions.

En effet sur sa demande, les services spécialisés de l'Institut de la Recherche scientifique de Madagascar prospectèrent soigneusement la région où la maladie avait été découverte, sans rencontrer de graminées du genre Saccharum.

Comme d'autre part, le seul vecteur connu, *Perkinsiella saccharicida* Kir, était inféodé à ce genre et la lutte se cantonnant donc aux seules cannes à sucre, notre collègue prononça l'hypothèse d'une possibilité d'éradication de la maladie

C'est sur cette hypothèse que fut bâtie la lutte et M. Barat semble avoir vu juste lorsqu'il écrivit dans une communication à l'Académie Malgache, le 3 février 1955 :

« L'éradication de cette virose peut être escomptée rapidement quant à ses effets pratiques, en une dizaine d'années quant à son existence même... »

En ce qui concerne les effets pratiques, nous avons d'ores et déjà les résultats, puisque la production sucrière de la seule usine de la Côte-Est a passé de 4,500 tonnes en 1954 à plus de 6,500 tonnes actuellement. Si la progression n'a pas été plus rapide encore, seuls les cyclones de 1956 et de 1959 en sont responsables, sans que l'on puisse incriminer la maladie de Fidji.

Ceci nous amène tout d'abord à constater la réalisation du premier objectif, tout en reconnaissant à la magnifique M. 134/32 une partie des mérites. En effet, malgré des infestations très fortes quelquefois 30 ou 40% de pieds atteints cette variété a continué à maintenir des rendements intéressants En raison de cela même, les remplacements n'ont jamais atteint les rythmes décidés, et après 6 ans d'efforts opiniâtres, il subsiste encore dans la région de Brickaville, quelque 150 à 200 ha de cette variété dont les planteurs ont vraiment du mal à se séparer.

Quant à la deuxième partie du pronostic, il n'est pas possible de se prononcer, bien qu'après 6 ans seulement de lutte, les résultats otenus soient très encourageants. Nous allons les examiner, en passant en revue nos différentes actions et les enseignements qu'elles comportent.

La lutte proprement dite

I. — La première action fut de délimiter la zone atteinte.

II. — Le premier objectif : empêcher le débordement de cette zone

pour protéger également nos cultures de la Côte Ouest et nos voisins, Ile Maurice et Ile de la Réunion.

III — Le deuxième objectif: mettre en place un appareil capable d'éliminer la maladie.

I — *Délimitation de la zone contaminée*

Des prospections entreprises dès 1954 et poursuivies en 1955 permirent de définir pratiquement l'aire d'extension de la maladie aux districts de Brickaville, de Tamatave, de Fénérive (avec ses postes de Vavatenina et de Soanierana-Ivongo et de Mananara). Cette zone couvrait environ 6.000 km^2, tout le long de la Côte Est.

II — *Le premier objectif*

Pour y parvenir les textes légaux avaient immédiatement prévu :

a)— L'interdiction de la mise en vente dans les lieux publics, la détention et le transport des cannes destinées à la consommation de bouche.

b)— La création de postes de contrôle phytosanitaire à :

1° — Périnet.
2° — Poste douanier du Port de Tamatave.
3° — Poste de police de Salazamay (sortie Nord de Tamatave).
4° — Bac de l'Itendro (sortie Nord de Fénérive).
5° — Aérodrome de Tamatave.
6° — Bac de l'Iaroka à Ampitambe, district de Brickaville.
7° — Bac de Sondrara, canton de Maromandia, district de Brickaville.
8° — Moramanga.

Les 7 premiers postes furent confiés à la garde des autorités du territoire. Quand au district de Moramanga, il fut pourvu à Périnet d'un barrage où tous les véhicules et les trains montant vers Tananarive étaient contrôlés par des agents du service de lutte.

Enfin l'aéroport principal de l'Ile fut dégagé des cultures de cannes à sucre dans un rayon de 5 km environ comme l'a été aussi celui de Tamatave.

Toutes les précautions étaient donc théoriquement prises mais elles furent souvent difficiles à appliquer surtout en ce qui concerne la vente de cannes à sucre au titre de la consommation de bouche.

Ces dispositions de contrôle avaient été complétées par une propagande intense. Des affiches furent apposées dans les gares, le port de Tamatave et les aéroports, attirant l'attention des voyageurs sur la

MANAMBOLOSY
MANANARA
DISTRICT DE MANANARA
SANDRAKATSY
ANTANAMBE
ANTENINA
MANOMPANA
Poste Administratif de SOANIERANA-IVONGO
AMBODILAMPANA
SOANIERANA-IVONGO
AMPASIMBE
DISTRICT DE FENERIVE
AMPASINA
VOHIPENO
FENERIVE
SAHATAVY
ANJAHAMBE
VAVATENINA
MAHAMBO
AMPASIMALAZA
AMPASIMBE
Foulpointe
AMBONDABE
MANGABE
DISTRICT DE TAMATAVE
ANTETEZAMBARO
AMBODILAZANA
FITO
TAMATAVE
MAHATSARA
FANANDRANA
ANJAMANA
MANAMBOLO
DISTRICT DE BRICKAVILLE
AMBALARONDRO
AMBOHIMANANA
MAROFODY
AMBINANINONY
MAROSERANA
LOHARIANDAVA
FETRAOMBY
ANIVORANO
BRICKAVILLE
AMPASIMBE
MAHATSARA
RANOMAFANA
-LEGENDE-
Chef-lieu de District
Chef-lieu de Canton
Routes Principales
Rivières
Plantations de Betsabetsa
Plantations Sucrières
0 10 20 30 40 50 60
Echelle de Kilomètres
Carte préparée par le Service de Défense des Cultures. Section Fiji - MADAGASCAR

terrible maladie et interdisant tous transports de boutures. Des causeries radiophoniques alertèrent l'opinion ; l'appareil administratif et policier enfin fut sollicité pour que nos agents soient soutenus dans leurs activités.

Celles-ci dès le début s'avérèrent difficiles, car il faut bien le faire ressortir, la période d'évolution politique rapide que nous traversions n'était pas favorable à des actions de ce genre et certains partis politiques n'hésitèrent pas à en exploiter le côté malheureusement répressif à des fins purement démagogiques.

Les techniciens de l'Ile Maurice et de La Réunion venus régulièrement nous visiter, se sont bien vite rendus compte du climat souvent difficile dans lequel nous évoluions, mais je pense qu'ils sont partis réconfortés lors de leur dernier passage au début de 1960. Une amélioration très nette et une détente réconfortante dans le « climat Fidji » s'est produit depuis quelques mois et nous attendons beaucoup de la stabilisation d'un régime politique qui a atteint ses objectifs à la satisfaction de tous pour renforcer les résultats déjà obtenus. Monsieur le Ministre du Développement Rural nous a assuré de tout son concours, conscient de l'aspect international de ce problème important et de la nécessité de le régler localement dans les meilleurs délais.

Quoi qu'il en soit, ces mesures policières ont donné les résultats escomptés, aidés naturellement en cela par une forte diminution du taux d'infestation des cultures et l'acquis positif actuel est le maintien de la maladie de Fidji presque dans les limites fixées lors de sa découverte.

De récentes et nombreuses prospections faites par des équipes bien entraînées dans le nord de la zone infestée au-delà de ces limites, n'ont pas permis de découvrir un seul cas de Fidji et la vallée de la Manambolosy (district de Mananara) ne semble pas avoir été débordée. Il en est de même des hautes vallées des différentes rivières, où un cheminement de la virose aurait semblé normal.

Par contre, nous avons enregistré une légère poussée vers le sud et quelques cas viennent d'être découverts dans le district de Vatomandry, à Analambo, à Ilaka et les environs. Ils est très malaisé de découvrir le processus de l'infestation de cette région, heureusement très minime et que les mesures immédiatement appliquées doivent permettre d'arrêter rapidement.

Cette alerte, si peu importante soit-elle pour l'ensemble du problème, montre cependant quelle vigilance doit être la nôtre, pendant encore quelques années, jusqu'à l'assainissement complet de la région contaminée.

Un mot seulement sur cette autre alerte, plus sérieuse d'octobre 1959, concernant l'apparition de galles dans les cultures de la Côte Nord-Ouest où poussent les 7/10 des cannes à sucre du territoire, et qui heureuse-

ment ne semblent pas devoir être diagnostiquées comme étant dues à la maladie de Fidji.

On peut donc conclure ce chapitre aujourd'hui en disant : objectif No. 1 atteint... et je crois que tout le monde estimera avec nous que c'est là un résultat auquel bien peu de personnes ne croyaient.

La lutte, telle que nous allons maintenant l'exposer, continue donc, avec les mêmes objectifs.

III — *Le deuxième objectif : mettre en place un appareil capable d'éliminer la maladie.*

Il est impossible de reprendre, si ce n'est brièvement dans cette étude, les différentes étapes qui ont jalonné la lutte.

Le plan idéal était la suppression des cultures de cannes à sucre en dehors de la zone industrielle et, à l'intérieur de celle-ci, l'élimination immédiate des cultures très contaminées et leur remplacement avec des semences saines voire de M 134/32

La première action était impossible pour des raisons sentimentales, coutumières et politiques. Alors que la répercussion sur le plan économique était minime, il était pratiquement irréalisable de tarir les sources de Betsabetsa, jus de cannes fermenté, qui accompagne—trop d'ailleurs—toutes les fêtes coutumières, comme aussi on ne pouvait du jour au lendemain éliminer la canne de consommation, appoint alimentaire non négligeable dans ces régions.

Quant à la deuxième, les obstacles à son application furent d'une part une certaine insouciance des planteurs dont on avait sauvé une première fois les cultures de la mosaïque, et d'autre part la qualité de la variété M. 134/32. Il fallait maintenir coûte que coûte la production sucrière en pleine expansion, et ceci, pensait-on ne pouvait être obtenu qu'à travers cette canne miracle pour la région.

Nous étions d'ailleurs dès le début dépourvus de matériel végétal résistant et à qualités agronomiques reconnues, et la véritable action ne put débuter qu'après la création de pépinières de telles variétés adaptées aux conditions écologiques de la Côte Est.

L'effort financier du territoire bien que très louable, ne nous a cependant jamais permis une action de choc, telle que l'élimination avec indemnisation de toutes les cultures non industrielles et le financement des renouvellements de plantations dans la région de Brickaville.

Nous examinerons successivement :

a) — Recensement des cultures.
b) — Épuration sanitaire des cultures et traitements insecticides.

c) — Action combinée : traitements insecticides, rogueing.

d) — Pépinières de multiplication.

e) — Essais de résistance.

f) — Conclusion.

a) — *Recensement des cultures.*

Ce travail resta toujours incomplet malgré de nombreuses relances. Il fut l'obstacle majeur à notre action. Sur la Côte Est de Madagascar, en dehors de la région de Brickaville à cultures relativement rationnelles, tout le monde possède, soit un lopin de cannes à sucre, soit quelques touffes, soit une culture plus importante destinée à la fabrication contrôlée de Betsabetsa, soit encore des plantations clandestines également destinées à la fabrication de cette boisson fermentée, ou à celle d'alcools de mauvaise qualité. N'importe quelles variétés sont plantées dans des cultures non entretenues, exploitées toute l'année au fur et à mesure des besoins... et quand les rendements sont insuffisants par suite du mauvais état sanitaire et l'épuisement des terres, ces plantations sont abandonnées et constituent des foyers d'infection dont personne ne se préoccupe.

Pour faciliter cependant cet indispensable travail de recensement et permettre un démarrage rapide de la lutte par l'élimination des cultures non déclarées, furent créés des « Groupements agréés de Défense contre les maladies et les ennemis de la canne à sucre ».

Théoriquement, l'adhésion des planteurs de cannes à sucre à ces Groupements était obligatoire s'ils désiraient conserver leurs cultures. Le refus de participer entraînait ipso facto l'interdiction de plantation. La législation avait donc prévu que des ordres d'arrachage seraient émis contre tout possesseur de cannes à sucre non inscrit au Groupement.

C'est à ce stade que se rencontra la plus grande difficulté, car il fallut recenser tout ce qui existait, et le travail d'épuration des cultures dont il est question plus loin, subit des retards dont la maladie profita pour mieux s'infiltrer dans les cultures disséminées.

Une grande partie des 20 équipes qui avaient pu être constituées, s'attachèrent donc à cette tâche ingrate, de recenser puis de détruire les cannes à sucre non déclarées.

En application de la réglementation phytosanitaire, l'élimination des cultures même légèrement contaminées ne devait pas comporter d'indemnisation, celle-ci étant prévue seulement pour les cultures saines, arrachées avec ou sans le consentement des planteurs réfractaires à l'adhésion au Groupement. De plus, les touffes isolées et les groupes de touffes étaient eux aussi détruits sans compensation, et ce furent incontestablement là des erreurs inévitables (en raison de l'insuffisance des moyens financiers) et qui nous aliénèrent les populations intéressées.

Un simple exemple montrera la difficulté de la tâche.

Fin 1954, les districts de Brickaville, Tamatave, Fénerive et Mananara avaient constitué leurs Groupements. Ils groupaient 942 planteurs qui déclarèrent 1.537 ha de cannes dont 917 à Brickaville et 336 à Tamatave. Ces chiffres, 1 an après, devenaient, 716 planteurs et 1.795 ha de cultures dont environ 1.000 destinées à la fabrication de sucre.

Or, au courant de 1955 déjà, 2.264 ordres d'arrachage furent émis, intéressant près de 400 ha de cultures éparpillées sur une partie seulement du territoire contaminé, la prospection étant encore très incomplète. La moyenne théorique des cultures inventoriées était donc de 0, ha 18 environ.

Sur ces 2.264 ordres d'arrachages, 642 furent exécutés sur 89 ha et quelque 10.000 touffes isolées en 1955. Il fallut attendre fin 1956 pour éliminer 1.622 de ces cultures sur 305 ha environ et à nouveau environ 8 à 10.000 touffes plus ou moins dispersées.

En 1956 quelque 1000 ordres d'arrachages furent à nouveau réalisés sur 52 ha de cultures et encore de nombreuses toutes petites parcelles, et fin 1957 un progrès incontestable était intervenu par l'élimination de ces innombrables petites cultures où la maladie trouvait un relais facile. Actuellement celles-ci ont pratiquement disparu.

On avait essayé d'aller plus loin et un arrêté pris le 30 août 1955 (N°-233-SE/AGR-CG) interdisait la culture de canne à sucre dans le district de Mananara. Cette mesure ne fut pas applicable et seules furent maintenues les mesures d'épuration des cultures et l'élimination de celles dont les planteurs refusaient d'adhérer au Groupement.

b) — *Epuration sanitaires des cultures et traitements insecticides.*

Parallèlement le contrôle des cultures déclarées était réalisé, dans le but de fixer les traitements appropriés au degré d'infestation. Notre ambition allait alors jusqu'à vouloir appliquer les règles mises au point au Queensland, et donc de faire arracher toute culture comportant plus de 30 cas de Fidji à l'ha.

Les impératifs économiques du moment étant les plus forts, nous nous inclinâmes et les épurations sanitaires à efficacité très faible commencèrent alors, puisque s'attaquant à des taux de contamination dépassant plusieurs centaines de touffes malades à l'hectare.

Les « rogueing » furent d'abord mis en œuvre dans la région très contaminée de Brickaville et avec le recul nous pouvons affirmer que cela a été une très grosse erreur.

Rapidement en effet il fut établi que la variété M. 134/32 ne pourrait

pas être maintenue et qu'elle devrait être remplacée par des variétés résistantes.

Les seules parcelles méritant d'être entretenues par des opérations sanitaires étaient celles à très faible taux de contamination ne dépassant pas 50 cas/ha annuels, les autres devant rapidement disparaître, quitte à être remplacées par des cultures de variétés peu résistantes mais établies à partir de semences saines.

A l'actif cependant de ces premières interventions se place en somme une plus grande longévité accordée aux cultures très contaminées de M. 134/32 et le maintien de l'accroissement de la production sucrière.

Je donnerai simplement quelques chiffres qui montreront avec éloquence, à quel point la maladie avait pris de l'extension en peu de temps.

En 1956 à Brickaville, 600 ha environ, des moins contaminés ont été visités 5 fois environ. Il y fût découvert et arraché 48.342 pieds atteints de Fidji, soit en moyenne 80 cas par ha et par an. Il faut préciser que 2 à 300 ha des plus touchés de la concession d'Ambodiatafana et de Mananara comportaient alors couramment 15 à 25% et parfois plus de maladie et ne subissaient plus de rogueings.

Pendant la même période, une surface à peu près équivalente était passée au crible dans les autres districts et avait permis d'éliminer 2.584 touffes atteintes

En 1957, les mêmes opérations ne permettent pas d'enregistrer des signes favorables bien nets sur les cultures contrôlées, puisque sur les mêmes 600 ha environ visités à Brickaville nous trouvons 45.500 cas de Fidji éliminés alors que l'ensemble des autres districts a maintenu son taux de contamination avec plus de 3,000 touffes malades.

Il faut cependant préciser que dès cette époque le renouvellement de cultures intervient et 200 ha environ de nouvelles plantations de NCO 310 — B. 37-172 — H 37-1933 et Pindar sont constituées à partir des pépinières administratives ou de Groupements dans la région de Brickaville.

Il faut attendre 1958 pour que l'état sanitaire enregistre une nette amélioration. A Brickaville il n est plus éliminé que 12.870 cas de Fidji après des prospections accumulées (en plusieurs passages) de 2.125 ha de culture, ce qui fait ressortir le taux/ha de l'année à 30 cas environ.

A l'extérieur de cette région industrielle, l'amélioration paraît encore plus sensible, puisque 290 cas seulement sont trouvés après prospection de 400 ha environ, et de quelque 7.300 touffes isolées.

Jusqu'à cette époque, tous nos rogueings ont été complétés pas des traitements insecticides à l'HCH 25 (3,5 isomère gamma) épandu à la dose de 12-15 kg/ha, dans un rayon de 50 mètres autour de chaque touffe reconnue atteinte.

Ces traitements ont certainement efficacement aidé à la lutte contre la maladie, et s'il est prouvé aujourd'hui que l'HCH n'est peut être pas l'insecticide idéal pour lutter contre *Perkinsiella saccharicida* Kir, il n'en possède pas moins un effet de choc qui permet l'élimination immédiate d'un pourcentage allant de 75 à 90% de la population. Le manque de rémanence de cet insecticide, permet malheureusement une reconstitution rapide de l'entomofaune.

M. Barat a souvent exprimé l'opinion que ces poudrages ont largement contribué à freiner l'extension de la virose.

De plus, dès la fin de 1954, un traitement par avion fut fait sur Brickaville sur 300 ha de cultures. Les contrôles biologiques permirent de constater un abaissement de 75% environ du nombre des delphacides.

Devant ces résultats encourageants, 2 nouveaux traitements aériens furent appliqués en 1955 et 1956 à toute la surface de la zone industrielle, ce qui nécessita à chaque opération 15 tonnes d'HCH 25 sur 1000 ha environ.

Bien vite cependant il fut patent que tous ces traitements insecticides ne pouvaient avoir une influence décisive dans la région de Brickaville où étaient encore maintenues des cultures infestées à 25 % alors qu'ailleurs ils observaient toute leur valeur. Nous ne découvrions d'ailleurs rien, puisque bien avant nous, il avait été établi qu'au-dessus d'un certain pourcentage d'infection (30 cas ha), il ne pouvait y avoir qu'une seule méthode : l'élimination de la culture.

Les épurations sanitaires (rogueings) sont réalisées par des équipes de 6 manœuvres spécialisés, commandés par un chef d'une certaine évolution intélectuelle, en raison de la responsabilité de ses fonctions.

Ces actions bien conduites, comportent :

— la visite détaillée touffe par touffe des cultures,

— l'arrachage minutieux de toutes celles reconnues malades,

— le transport hors du champ,

— l'enfouissement dans des trous creusés au début de l'opération. Les fosses doivent avoir au moins 2m. de profondeur, afin que les derniers plants de cannes à sucre déposés soient recouverts d'au mois 70 à 80 cm de terre.

Les normes de travail suivantes semblent pouvoir se dégager après 6 ans d'expérience.

Si le champ ne compte pas plus de 100 pieds malades à l'ha, une équipe bien entraînée peut contrôler 2 ha en moyenne par jour, soit

environ 50 ha par mois. En dessous de ce taux de contamination, on peut confier à une telle formation la surveillance de 60 à 75 ha mensuellement.

Comme d'autre part pour être efficace, les visites de cultures doivent se faire toutes les 4 à 6 semaines, il ressort que l'équipe sera nécessaire par tranche de 75 ou 100 ha de cultures au maximum.

Les rogueings chimiques, malgré de nombreux essais n'ont jamais donné de résultats satisfaisants. Ils ne semblent applicables que pour des traitements généralisés de cultures très touchées, mais offrent là aussi des aléas supérieures à la destruction mécanique, suivie d'une parfaite surveillance de la destruction des repousses. Nous estimons cette surveillance nécessaire pendant 6 mois, avant toute reconstitution des plantations.

En dehors de l'action répressive que nous venons d'exposer, la Section de lutte entreprit également pendant cette première période, des actions constructives : création de pépinières administratives pour la production de boutures de variétés résistantes, travail gratuit au tracteur chez quelques planteurs intéressants et, surtout, essai de création de « cultures de village ».

En effet pour pallier l'absence de cannes de bouche, il fut décidé d'autoriser la création de nouvelles cultures dans un périmètre délimité autour des villages. Les terrains furent préparés et fumés, les boutures de Pindar apportées et plantées, les premiers soins donnés. Tout cela sans aucune réussite, les planteurs ne voulant pas accepter la variété Pindar à qui ils déniaient les qualités de leurs anciennes cannes (Batavia — Louzier — POJ — Port Mackay et autres).

Les cotisations des Groupements furent alors diminuées pour permettre de nouvelles adhésions de planteurs désireux d'avoir simplement un lopin de cannes destinées à leur alimentation, mais cela n'eut pas plus de succès.

Il fallait trouver autre chose, et ceci fut possible à partir de 1959, grâce à l'augmentation des moyens matériels mis à notre disposition.

En 1954, une dotation de 4 millions CFA permit la constitution des premières équipes de rogueing, et de celles affectées au rescensement des cultures. Un important bureau fut créé pour permettre la constitution d'un fichier et d'un contrôle individuel des cultures.

En 1955, un crédit de plus de 40 millions CFA permit l'équipement en véhicules, en matériel de traitement, en insecticides, la création de pépinières de multiplication de variétés réputées résistantes, la construction d'un petit laboratoire à Brickaville et de petites habitations pour nos chefs d'équipes.

Les 16 équipes constituées se mirent au travail mais furent dès le départ insuffisantes pour contrôler en même temps toutes les cultures de la zone contaminée.

Brickaville obtint la priorité avec 7 équipes, le district de Tamatave fut doté de 5 de ces formations, Fénérive en reçut 2 et Mananara 1 seule.

L'équipement matériel parachevé, la dotation ne fut plus que de 21 millions en 1957, et remonta à 28 millions en 1958.

Jusqu'en fin 1957, le budget du territoire supporta toutes les dépenses de la lutte, mais ne pouvant y consacrer désormais plus de moyens (cependant indispensables si l'on ne voulait pas stagner), il fut créé une taxe phytosanitaire de 0.50 fr par kilo de sucre sur la totalité de la production du territoire. Cette taxe rapporta la première année plus de 32 millions.

Entre-temps, la Métropole grâce à son budget de Plan d'Équipement (FIDES) avait apporté une contribution de 15 millions CFA permettant le parachèvement de l'organisation matérielle et l'intensification de la lutte (4 nouvelles équipes de rogueings).

En 1959, le Ministre de l'Agriculture décida en cours d'année de consacrer la totalité de la taxe à la lutte, afin d'en hâter les résultats, et ceci tout particulièrement dans la zone non industrielle, où notre action de contrôle est de plus en plus pesante et une gêne véritable par la prolongation des restrictions de transport des cannes à sucre et surtout leur vente sur les marchés.

Cette année donc, 32.500.000 frs CFA furent mis à notre disposition, et permirent deux actions d'envergure ; l'une dans tous les districts nord de Tamatave, l'autre dans la région de Brickaville même.

Notre politique avait également été modifiée, à la lumière de nos difficultés antérieures et, grâce aux moyens financiers plus importants, l'administration décida d'indemniser strictement toutes les cultures que nous serions amenés à arracher, qu'elles soient contaminées ou non. L'indemnité fut fixée à 40.000 Frs. CFA pour une culture normale, l'arrachage et l'enfouissage (fossés de 3-4 m. de profondeur) étant à la charge de l'Administration (coût minimum 100.000 Frs par ha.).

De plus nous avions obtenu l'aide du Service provincial de l'Agriculture de Tamatave, et surtout de son personnel d'encadrement.

L'opération Nord fut lancée dès Septembre 1959 avec 8 équipes à Mananara (1 chef d'équipe pour 6 manœuvres spécialisés) et 7 équipes à Soanierana-Ivongo (Nord de Fénérive) pendant que 4 formations restaient en place dans le district de Tamatave, soit une concentration de 19 formations comportant 114 manœuvres de dépistage et d'arrachage.

En 5 mois le travail suivant était effectué :

Mananara : 1796 plantations visitées, représentant 89 ha plus 103.654 touffes plus ou moins isolées ; 687 cas de Fidji furent découverts.

Furent éliminés immédiatement près de 4 ha de cultures contaminées et 13.542 touffes.

Les plus petites vallées étaient parcourues, revues et en fin d'année, nous avions la quasi certitude que bien peu de choses avait pu nous échapper. Des contrôles continuent depuis avec une de nos meilleures formations. Les planteurs ont reçu 566,909 Frs d'indemnité.

Fénérive : Au fur et à mesure que Mananara se nettoyait, l'action Fénérive s'engageait

1.599 plantations visitées, représentant 293 ha de cultures (certaines visitées 2-3 fois) et 272.418 touffes examinées une à une, pour 42 cas de Fidji.

Arrachages 6 ha ½ et 80 touffes.

Indemnité versée : 257,665 Frs.

L'action principale devait avoir lieu à compter du 15 janvier avec la concentration de 12 équipes. Elle intéressa d'abord Soanierana-Ivongo, puis Fénérive proprement dit et enfin le nouveau district de Vavatenina où quelques prospections de début d'année avaient permis de découvrir 2 cas de Fidji après examen de 46 ha de plantation.

Tamatave : Les 4 équipes ont visité 332 plantations d'une surface d'environ 450 ha et 6.454 touffes. Ils y découvrirent 119 cas de Fidji intéressant près de 5 ha 5 de cultures et 857 touffes. Il fut versé 269.000 Frs au titre des indemnisations.

Ces quelques chiffres montrent à quel point notre travail est minutieux, ces opérations devant être parfaites pour être efficaces. De très gros efforts sont demandés à nos équipes, car celles-ci se déplacent à pied, en pleine brousse, à la recherche de la moindre touffe de cannes. Il faut remonter les moindres vallées, visiter les dépressions, car même si un certain cheminement de la maladie est décelable à partir d'une culture particulièrement contaminée, cela ne permet pas pour autant de négliger les zones apparemment saines.

Les résultats sont enfin spectaculaires. L'opération continue vers le sud et dès le mois d'août nous trouverons une très grande concentration de moyens dans le district de Tamatave.

Cette action d'assainissement pour laquelle nous ne rencontrons pratiquement plus aucune résistance, grâce aux indemnisa-

tions régulièrement versées, est d'autre part compensée par des autorisations de renouvellement de cultures avec Pindar. Cette variété a enfin trouvé grâce aux yeux des planteurs qui sont maintenant persuadés de ses excellentes qualités.

C'est ainsi qu'il a été accordé ;

Mananara : 24 autorisations pour 11 ha 64 de plantation de Pindar.

Fénérive : 26 autorisations pour 18 ha 87 de plantation de Pindar.
Tamatave : 72 autorisations pour 132 ha 30 de plantation de Pindar.

Brickaville : 45 autorisations pour 169 ha 35 (dont une trentaine pour variétés autre que Pindar). Soit au total un peu plus de 402 ha.

c) — *Action combinée : traitement insecticides — Rogueing.*

A Brickaville, la lutte comporte plusieurs actions après l'abandon des rogueings des dernières cultures de M. 134/32 vouées à la disparition au plus tard fin 1961.

1°. — Couverture insecticide intégrale et rogueing de quelques 200 ha formant bloc de culture.

2° — Continuation des épurations sanitaires, sur toutes les jeunes cultures très peu ou pas contaminées.

La première opération a été mise au point par mes collaborateurs MM. Lacoste (Ingénieur d'Agriculture) et Sigwalt (Entomologiste) s'inspirant des remarquables résultats obtenus aux U. S. A. dans la lutte contre l'enroulement de la pomme de terre (virose du type permanent), par interception totale du vecteur (emploi généralisé de DDT).

Cette méthode, compte tenu de la biologie de *Perkinsiella Saccharicida,* comporte des applications d'insecticides toutes les 3 semaines, après la coupe des cannes à sucre et ceci pendant 6 mois après récolte de la première parcelle de 50 ha.

C'est ainsi que le premier bloc reçut 8 traitements, et le dernier (récolté seulement en fin de saison d'usinage) n'en reçut que 2.

L'opération était compliquée (volontairement) du fait qu'à l'intérieur du bloc des 200 ha choisis existaient des cultures destinées à la fabrication de Betsabetsa, mal plantées, mal entretenues, composées de nombreuses variétés sensibles et coupées au hasard des besoins du « moulin ».

Le choix des insecticides se porta sur :

1°— un insecticide systémique

Métasystox (Bayer) ou Métasystemox (Pechiney Progil) à la dose de 300 grs de matière active à l'ha.

Un seul traitement, rarement deux, fut surtout appliqué sur les cultures irrégulières, cependant des coupes échelonnées dans le but d'atteindre plus surement la totalité des vecteurs.

2°— Un insecticide de contact et d'ingestion — l'Endrine (sous forme de Feldrine 20 de " Procida ") — à la dose de 400 grs de matière active à l'ha.

Appliqué en début de campagne en 1 ou 2 traitements sur jeunes repousses, 3 et 6 semaines après la coupe, on pensait obtenir également un contrôle du borer rose : *Sesamia calamistis* Hmp. D'après les premières constatations, ce parasite fut peu affecté par cette pulvérisation.

3°— Un autre insecticide de contact et d'ingestion :

le DDT sous forme de poudre mouillage concentré à 50 ou 75% et appliqué à la dose de 1.500 grs. de matière active à l'ha. 1 à 6 traitements.

Les insecticides sont épandus par pulvérisation pneumatique (appareil Fontan) à raison de 60 litres de solution ha.

3 contrôles phytosanitaires, étalés sur la même période des traitements ont été régulièrement effectués sur ces différentes parcelles ainsi que sur des cultures témoins non traitées.

Il est impossible de se faire dès à présent une opinion définitive sur l'efficacité d'une telle action, encore qu'à priori les résultats ne devraient pas décevoir ; mais dès 1960 les observations auront déjà de la valeur.

Ce qui cependant a déjà été établi après 3 contrôles biologiques, c'est la quasi disparition des vecteurs dans toutes les parcelles soumises à l'essai et aussi l'extrême lenteur de réinfestation marginale.

D'autre part, les 3 rogueings effectués ont déjà montré entre le 1er et le 3me passage, un abaissement souvent spectaculaire du nombre de cas de maladie de Fidji.

Nous laissons à nos collègues, promoteurs de l'action le soin de l'information.

Cette opération sera reconduite en 1960 sur une surface équivalente.

d) — *Les pépinières de multiplication*

Leur création fut l'un des premiers objectifs de la section de lutte.

Dès 1954 une parcelle de Pindar fut mise en multiplication à Vatomandry en dehors de la zone contaminée.

Puis avec l'aide des Groupements, des terrains furent choisis près des zones de culture et préparés pour recevoir des boutures de variétés dont les caractères de plus ou moins grande résistance à la virose étaient connus et qui heureusement existaient dans les cultures saines de la Côte Ouest.

C'est ainsi qu'à partir de novembre 1955 et jusqu'en janvier 1956 furent apportées par avion de la Sosumav (Société Sucrière de la Mahavavy) de la CASNB (Compagnie Sucrière de Nossi-Be) et de Namakia (Sucreries Marseillaises de Madagascar, Majunga) environ 50,000 kgs de boutures des variétés Pindar, NCO-310 et B37-172.

Celles-ci furent immédiatement mises en multiplication accélérées dans les pépinières et dès fin 1957 nous possédions près de 57 ha de ces pépinières, c'est-à-dire de quoi très largement répondre aux demandes.

Ces cultures avaient été établies à Brickaville (les environs théoriquement sains)	39 ha 00
Tamatave	7 ,, 70
Fénérive	6 ,, 00
Mananara	0 ,, 70
Vatomandry (Analanambo)	3 ,, 50

En janvier 1957, une première répartition de 713 tonnes de boutures fut faite entre les adhérents des Groupements de défense, puis 500 autres furent à nouveau distribuées au cours de l'année.

Dès 1958 notre production était excédentaire, d'autant que presque toutes les variétés contractèrent rapidement la maladie et devront être abandonnées les unes après les autres.

La Société Sucrière de la Côte-Est avait dès le début multiplié B 43-62, mais fut obligé de la délaisser en 1959.

Parmi les nouvelles introductions, B 37-172 fut une des premières atteintes sur la grande pépinière de Moka, laquelle cependant avait été préparée avec soin, mais où nous soupçonnons que réapparurent des repousses contaminées. Puis ce fut le tour de NCO-310 qui semblait pleine de promesses, et enfin H 37-1933 également multipliée en pépinière Cette dernière fut éliminée par le Leaf Scald.

Entre temps CO 290 avait été assez largement plantée, mais ses mauvaises qualités à Brickaville arrêtèrent rapidement son extension.

De ce premier grand effort, il ne reste donc plus que « Pindar ». Cette variété trouva heureusement sur la Côte Est des conditions lui convenant et devient ainsi la seule variété dont nous autorisions la multiplication en grand.

Depuis le premier train de pépinières, nous avons créé 7 nouvelles petites cultures de Pindar, de 0 ha 50 chacune, destinées à fournir les boutures de remplacement aux planteurs désireux de maintenir des cultures familiales dans les districts assainis du Nord de Tamatave.

Ainsi donc, une seule variété a réussi à se maintenir correctement et nos planteurs se montrent naturellement très réticents à sa multiplication exclusive. Ils attendent avec impatience les résultats de l'essai de résistance de Menarano, pour pouvoir mettre dans leurs plantations une ou plusieurs autres variétés.

Ceci aussi explique la persistance de M. 134/32 et le maintien à Brickaville de 150 ha environ de cultures encore fortement contaminées et la tendance de nos planteurs à mettre en place de petits essais variétaux contrôlés par nos soins, et dont malheureusement jusqu'à présent n'a émergé aucune variété alliant résistance à qualités agronomiques et sucrières

Ces petites cultures contrôlées n'ont d'autres prétentions qu'un enseignement pratique momentané en attendant ceux précis des essais de résistance. Ils permettent toutefois d'observer les réactions culturales de quelques variétés comme aussi de déterminer assez rapidement les valeurs sucrières respectives.

Les rogueings de 1959 nous ont donc permis de dresser la liste ci-dessous, qui encore une fois ne comporte tout au plus qu'une indication sur la réaction à la maladie de Fidji, dans des conditions fort inégales d'ailleurs

Variété	*Surface en culture*	*Nombre de cas Fidji*	*Nombre de cas à l'ha*
P. R. 905	1 ha 95	—	0
Q 57	1 ha 30	—	0
Pepecuca	0 ha 80	—	0
C P 29-116	1 ha 00	—	0
Atlas	0 ha 50		0
Vesta	0 ha 50	—	0
B 34 104	4 ha 10	—	0
Pindar	*270 ha*	*9*	0,033
CO 290	35 ha 80	8	0,21
H 37-1933	12 ha 30	3	0,24
B 41-227	26 ha 90	8	0,21
B 37-161	1 ha	1	1
Batavia	22 ha	35	1,58
CO 419	8 ha	13	1,62
B 43-62	6 ha 6	15	2,27
B 37-161	1 ha 9	7	3,6
NCO 310	42 ha 7	174	4
B. 37-172	107 ha 95	488	4,5
Q 47	4 ha 50	27	6
Ebène 1/37	1 ha 20	15	12,5
M 134/32	214 ha 55	3199	15

NOTA: Q 47 vient d'être en multiplication et dès la première culture a montré ce pourcentage assez important de pieds atteints. La

parcelle d'où provenaient les boutures avait été prospectée à 3 reprises, et était considérée comme saine. La maladie étant apparue dès les premières pousses en replantation, la culture d'origine fut alors à nouveau visitée avec soin, et c'est alors seulement que l'on trouva des galles sur 2 ou 3 pieds. La maladie était donc apparue plus rapidement sur la jeune plantation que sur les pieds mères, et ceci est une bonne indication à exploiter dans l'essai de résistance. La parcelle mère de Q 47 fut éliminée Les plants atteints furent arrachés sur la jeune plantation; 13 une première fois et 14 la seconde, à 10 jours d'intervalle, et depuis (3 mois) malgré des prospections minutieuses plus rien n'est apparu. Cette parcelle de 4 ha 5 avait recu 3 traitements insecticides, 2 de Feldrine les 15 octobre et 12 novembre 1957 et un DDT le 24 novembre.

Lors des prospections aucun *Perkinsiella* n'a été trouvé, ce qui montrerait que le virus existait dans quelques boutures de la plantation.

Pour conclure ce chapitre, il ne se pose pas actuellement de problème de pépinière, puisque Pindar se trouve en abondance partout. C'est quand il faudra procéder à un deuxième remplacement des cultures, après le premier assainissement, c'est-à-dire à partir de 1962, qu'il faudra à nouveau considérer la chose, car pour cette deuxième vague, il faudra des sources absolument saines de boutures de Pindar... ou même de M. 134/32, dont les performances aussi bien culturales que sucrières, imprègnent encore fortement les planteurs.

e) *Les essais de résistances des nouvelles variétés de canne à sucre à la maladie de Fidji.*

Planteurs et spécialistes australiens, ayant déterminé depuis fort longtemps que le grand moyen de défense contre la terrible virose, était la mise en culture de variétés résistantes, il fut naturellement décidé dès le début de l'organisation de la lutte de tester dans les conditions de culture de la Côte Est, les variétés que nous possédions en collection à Madagascar et en particulier celles originaires d'Australie à caractères de résistance déjà reconnus dans le pays d'origine. Les protocoles furent mis au point avec nos amis mauriciens, sur le type Queensland.

Malheureusement les deux premiers essais se soldèrent par des échecs, le premier à la suite d'une grande sécheresse et le deuxième par excès d'eau (inondation générale consécutive au cyclone de 1956).

Ces deux premières cultures-tests n'auraient d'ailleurs fourni sans doute que des résultats peu probants, en raison du milieu peu contaminant que l'on avait réussi à créer.

Celui-ci fut établi par plantation de boutures prélevées sur des pieds de M. 134/32 atteints par la virose, dont la levée fut très mauvaise, les quelques pieds poussés étant par ailleurs rapidement étouffés par la végétation des variétés en observation.

Un troisième essai fut alors décidé à Ambalarondro, c'est-à-dire tout à fait en dehors de la zone de culture, ceci pour éviter de conserver dans les cultures des îlots trop malades au milieu des plantations nouvelles.

Ce fut un nouvel échec et plein d'enseignements d'ailleurs. Mêmes difficultés pour créer artificiellement un climat suffisamment contaminant, auxquelles vinrent s'ajouter celles de mettre en place, artificiellement aussi, une population de Perkinsiella, en assez grande importance.

Il semble donc qu'il soit très difficile de créer par plantation un climat infestant assez compacte pour mettre les variétés à étudier dans les meilleures conditions de contamination.

Aussi fut-il enfin décidé de profiter des dernières cultures de M. 134/32 fortement malades pour y implanter dans des lignes dégagées (1 sur 4) un dernier essai suivant le protocole classique à 4 répétitions.

Ce dernier essai mis en place en juillet 1959 avec le concours de M. Béchet, *Field Officer* de l'Institut de Recherches de l'Ile Maurice, se présente actuellement dans les meilleures conditions réalisables (opinion de MM. Antoine et d'Emmerez de Charmoy, délégués mauriciens et réunionnais au Comité de Collaboration Agricole Maurice - Réunion - Madagascar).

24 variétés sont actuellement en observation comparativement à 3 témoins dont on connait les sensibilités relatives : M. 134/32, NCO 310 et Pindar en répétition sur chacune des 17 lignes.

Variétés testées

Q 42	B 33-37	Atlas	Pepecuca
Q 47	B 34-104	Vesta	CO 301
Q 49	B 37-161	Ragnar	PR 1000
Q 57	B 37-172	Trojan	POJ 28-78
M 31-45	S 17	R 366	
M 147-44		R 383	

La première coupe de l'essai est prévue pour juillet-août 1960. Les cannes seront multipliées sur une parcelle limitrophe pour étudier le cas échéant l'apparition précoce de la maladie (voir plus haut observations sur Q 47).

En mai-juin 1960, l'essai sera complété par de nouvelles variétés : B 43-62, PR 980, Ebène 1-37, R. 397, Azul, Jason, M. 112-34 M. 165-38, etc.

1ères Observations — Sur l'ensemble de l'essai, une variété a montré des symptômes de maladies moins de 6 mois après la plantation : M. 134/32. Ceci montre l'extrême sensibilité de cette variété et l'apparition très rapide des symptômes visibles.

Cette remarque confirmative a pour Madagascar, un intérêt tout particulier. En effet, lorsque nous en serons au dernier stade de la lutte

et quand nous estimerons avoir éliminé la maladie, il nous suffira de mettre en cultures quelques parcelles de cette variété. Ses réactions seront pour nous le meilleur des tests.

f) *Conclusions*

La maladie de Fidji a été décelée dans les cultures de la Grande Ile en 1954, alors qu'elle était certainement présente depuis plus ou moins 1 décade.

Son expansion a été très rapide, en raison du terrain extrêmement favorable qu'elle a rencontré, aussi bien dans la zone industrielle où la variété M. 134/32 a constitué pour elle un mets de choix, que dans les districts à cultures familiales ou semi-industrielles fabrication de boissons fermentées constituées de vieilles variétés également très sensibles.

La lutte a été rendue très difficile, en raison :

1° — D'impératifs économiques intéressant la production sucrière, celle-ci devant être maintenue à tout prix, ce qui empêcha l'élimination d'emblée des cultures fortement atteintes.

2° — De facteurs psycho-politiques du moment et aussi de quelques erreurs de tactiques de la part des services de lutte qui heureusement furent réparés par la suite.

3° — Du manque de matériel végétal de remplacement, de l'effet de surprise devant la gravité du mal et l'importance des mesures à appliquer.

4° — De l'état cultural de toutes les plantations et particulièrement de l'énorme dispersion des petites parcelles, de l'éparpillement des touffes isolées, des cultures sans aucuns soins, des coupes anarchiques, du manque total de discipline des cultivateurs, etc... etc...

5° — Du manque, dans la majorité des cas d'une trésorerie suffisante permettant l'élimination massive des plantations très contaminées et leur remplacement par des semences saines, même de variétés sensibles.

Il fallut vaincre tous ces facteurs, difficiles, car souvent insaissables, d'autant que la maladie ne semblait pas faire de gros dégâts.

Les mesures de lutte durent donc s'inscrire dans cette ambiance, mesures impopulaires parceque souvent incomprises.

6 ans après l'intervention des pouvoirs administratifs on peut faire un point, concernant d'abord les erreurs commises et l'enseignement qui en découle, concernant ensuite les résultats obtenus.

Cette critique s'inscrit dans le contexte des crédits dont nous disposions et il faut tout de même préciser qu'avec un budget de 3 à 300 millions dès 1954, la maladie pouvait être vaincue en 2 ou 3 ans. La région contaminée était en effet relativement restreinte et le problème se résumait au remplacement de 1.000 ha de cultures industrielles et l'élimination momentanée d'une surface équivalente de petites plantations dont la disparition pour 2 ou 3 ans ne pouvait avoir que des effets économiques très restreints.

Nous rappelons ici qu'en 6 ans, la lutte a coûté à l'Administration environ 165.000.000 de francs CFA dont 60 millions fournis depuis 1958 par la taxe phytosanitaire.

A. Les erreurs et leur enseignement :

1° — *Tactiques* : La lutte a été menée de l'intérieur sur la zone la plus contaminée vers l'extérieur, zone d'expansion de la maladie. On voulut d'abord éteindre le foyer où le feu était le plus fort, sans se rendre compte que là il n'y avait pas d'autres mesures curatives que de remplacer les cultures par de nouvelles, constituées de variétés résistantes ou au besoin même par des semences saines de variétés sensibles. Un énorme travail d'épuration sanitaire ayant sans doute son utilité, fut accompli dans la région de Brickaville pendant que la maladie cheminait, heureusement avec lenteur, mais sûrement dans les districts limitrophes. Cette tactique obtint des résultats sur le plan économique en permettant le maintien des cultures de M. 134/32. La production sucrière en plein développement ne subit à aucun moment le coup de frein qui la menaçait. Sur ce plan la réussite est donc totale puisque au plus fort de la contamination des cultures, l'usine de Brickaville passa de 4.500 T. de sucre produit à plus de 6.500 T.

Il apparaît donc, que des mesures de contrôle et d'épurations phytosanitaires appliquées rigoureusement dès la détection de la maladie, soient susceptibles de maintenir la production sucrière, tout en permettant la mise en œuvre des mesures plus complètes, (renouvellement des cultures par exemple). C'est là semble-t-il un enseignement précieux et qui doive moins faire craindre l'apparition de la maladie de Fidji dans des nouvelles régions.

L'objectif primordial fixé dès la découverte de la maladie étant d'en arrêter l'extension coûte que coûte, il était essentiel de commencer les actions d'assainissement à partir de la périphérie, ceci devant permettre de concentrer de plus en plus les moyens de lutte au fur et à mesure du rétrécissement de la zone contaminée. Cette tactique mise en œuvre depuis mi-1959, donne déjà des résultats intéressants et semble donc appliquable dans des cas similaires.

2° — *Psychologiques* : La notion de la responsabilité de l'état sanitaire des cultures, telle qu'on la conçoit en pays à agriculture moderne ne peut pas être a pliquée dans les pays à économie expansive et à agriculture encore souvent primitive. Jamais le planteur malgache ou réunionnais qui se livre à la production de cannes à sucre sur la Côte Est de Madagascar, a pu comprendre qu'on le rendait responsable parce-que, au cours d'une prospection, on trouvait dans son champ quelques pieds de cannes à sucre, porteurs de galles sur les feuilles, ou même déjà rabougris par le virus. Jamais il n'a pu admettre qu'au nom de cette responsabilité on pouvait le contraindre à éliminer, sans contre partie, sa plantation.

L'interdiction de culture brusquement décrétée dans une zone

cultivée ou l'obligation d'arrachage de plantations encore productrice dans un but de sauvegarde de l'intérêt commun, sont des notions difficiles à assimiler pour qui vit d'un lopin de café, de manioque et de quelques pieds de canne à sucre.

Le seul moyen reste donc la compensation financière et nous avons vraiment supprimé tous les obstacles, le jour où nous avons pu indemniser tous ceux chez qui nous détruisions des cultures.

3° — *Techniques*: On peut sans doute critiquer la lenteur de la mise en place d'un essai valable de résistance variétale. Si nous pouvons invoquer de nombreuses circonstances contraires, dont les moindres ne sont pas les perturbations météorologiques, nous devons cependant admettre que nous n'avons peut-être pas accordé à cette partie du programme de lutte, toute l'attention qu'elle méritait.

Nous avons heureusement trouvé une variété résistante magnifiquement adaptée au pays, nantie de nombreuses qualités et qui assure le relais

Malheureusement elle est unique, et ceci nous amène à conclure sur l'impérieuse nécessité de consacrer à l'étude des variétés capables de remplacer celles brusquement déficientes, le maximum d'effort et ceci dès l'organisation de la luttte.

Les résultats

Cette autocritique que nous voulons constructive ne doit cependant pas masquer les très beaux résultats déjà obtenus et qui dépassent sans doute les meilleurs espoirs formulés au début de notre intervention, compte tenu des moyens dont nous disposions et des entraves nombreuses qui jalonnèrent notre action.

1° — La maladie est restée sur la Côte Est de Madagascar. Les cultures beaucoup plus importantes du versant septentrional de la Grande Ile ont été préservées comme l'ont été jusqu'à présent celles de Maurice et de La Réunion, où l'incidence économique de la pénétration de la maladie eut été incalculable.

2° — La zone d'expansion de la maladie se resserre tous les jours, et dès fin 1960, nous espérons la cantonner dans la région industrielle, sur laquelle nous pourrons concentrer de très importants moyens.

3° — Parallèlement la maladie se résorbe dans le district de Brickaville ; les nouvelles cultures de la résistante Pindar, couvrent les anciens champs mourants de M. 134/32 et une épuration très importante se poursuit, devant aboutir fin 1961, à la création d'un climat pratiquement assainis. Bien sûr, faudra-t-il conserver encore pendant quelques années, une organisation réduite de contrôle et même d'intervention. On ne peut en effet espérer l'éradication de la maladie qu'après un nouveau renouvellement des cultures à partir de semences absolument saines, et il sera alors nécessaire de contrôler très sévèrement la source des boutures destinées à cette deuxième plantation.

4° — Un essai de résistance va nous donner dès cette année des renseignements précieux sur de nombreuses variétés, renseignements de portée internationale, et dont nous espérons que nos voisins pourront profiter... sans pour autant leur souhaiter la maladie de Fidji.

Cet essai leur est d'ailleurs ouvert pour tester l'une ou l'autre des variétés intéressantes chez eux, ceci en relation avec la capacité de notre serre de quarantaine.

L'expérimentation sera maintenue et étendue tant que cela sera compatible avec l'assainissement de la région et sera seulement éliminée avec les dernières cultures contaminées.

5° — L'application sur les plantations d'une couverture insecticide intégrale alliée aux rogueings réguliers, action majeure menée au cours de 1959 dans la région de Brickaville, donnera sa réponse dès cette année. De celle-ci nous tirerons des enseignements certainement applicables à la deuxième phase de la lutte en zone industrielle et dont nous avons vu plus haut qu elle débutera avec un deuxième remplacement des cultures après un premier assainissement général.

6° — En corollaire de nos interventions et de notre présence sur la Côte Est malgache, il faut faire ressortir une très nette amélioration des conditions des cultures intéressant aussi bien les petites plantations que les grandes.

Les représentants des Iles Maurice et de La Réunion, MM. Antoine et d'Emmerez de Charmoy estiment ces résultats secondaires non négligeables puisque les répercussions en sont dès à présent sensibles sur l'état sanitaire général et partant sur la rentabilité des cultures.

En estimant enfin l'action menée et les moyens de lutte investis par le Gouvernement de Madagascar comme répondant largement à la solidarité et à la sécurité phytosanitaire internationale, action égalant largement ce qu'en pareille occurrence il était possible de réaliser ailleurs, ils nous prodiguent là un encouragement nous incitant à redoubler d'efforts pour éliminer cette grave maladie apportée sans doute un jour, par négligence, dans la Grande Ile.

BIBLIOGRAPHIE

BARAT — Présence de la mosaïque de la canne à sucre à Madagascar — Congrès International de Microbiologie VOL. 3 SCZIX, pp 399-400.

BARAT — Note sur la présence de la maladie de Fidji à Madagascar (Extraits des compte-rendus du Congrès de la Protection des Végétaux et de leurs produits sous les climats chauds, organisé par l'Institut Français d'Outre-Mer, Marseille les 21-22-23-24 Septembre 1954, page 230).

OBSERVATIONS SUR LES NOUVELLES GALLES FOLIAIRES DE LA CANNE A SUCRE A MADAGASCAR

par

P. BAUDIN

Phytopathologiste à L'O. R. S T. O. M.

Lors d'une visite de plantations de cannes à Nossi-Bé en octobre 1959, Monsieur Sigwalt, accompagné de Monsieur Roger (7), observait des galles sur la face inférieure des feuilles. La présence de ces galles étant reconnue par des phytopathologistes comme caractéristiques de la maladie de Fidji, ils émirent l'hypothèse de l'extension si redoutée de cette maladie à la Côte Ouest. Toutefois, divers observateurs dont le Docteur Wiehe, Directeur du M.S.I.R.I., remarquèrent peu après que la plupart des symptômes bien connus de la maladie ne pouvaient être observés à Nossi-Bé, notamment le rabougrissement des tiges, la forme, la couleur et la texture des feuilles. Monsieur Halais observait par ailleurs, à la même époque des galles similaires sur l'herbe à éléphant, *Pennisetum purpureum*, à Ambanja.

Après examen de coupes, Monsieur Dadant puis Monsieur Antoine (1), respectivement phytopathologistes à l'I.R.A.M. et au M.S.I.R.I., concluaient que les galles présentaient des différences fondamentales au point de vue histologique avec celles dues à la maladie de Fidji et émettaient l'hypothèse d'une toute autre origine.

La présente note n'a pour but que de faire part de quelques observations descriptives, morphologiques et anatomiques, pouvant servir de bases à des recherches sur l'étiologie de ces galles que l'on peut observer actuellement à l'île de Nossi-Bé et dans les districts d'Ambanja et d'Ambilobe sur la Côte Ouest de Madagascar.

Symptômes

A la face inférieure de la feuille, des chapelets de galles se forment le long des nervures secondaires du limbe, sur la nervure médiane et parfois sur la gaine (P.R. 1000, Fig. 1). Fréquemment, les protubérances sont groupées à la base du limbe (Ragnar, Trojan, P.R. 1000). Parfois, elles affectent une nervure placée sur le bord de la feuille et ressortent en relief sur le côté.

Les nervures sont légèrement hypertrophiées sur plusieurs centimètres parfois jusqu'à 20 cm ou même plus. De place en place, à des distances variant du millimètre à un ou deux centimètres, on observe des

excroissances, plus ou moins volumineuses, atteignant plusieurs millimètres de diamètre. Les plus grosses de ces protubérances ressemblent à des perles ou à de petites gouttes d'eau suspendues à la nervure et peuvent s'unir bout à bout. Certaines prennent l'aspect d'un petit têton. Les tissus hypertrophiés sont de couleur plus clair que la feuille. Ils tendent vers le jaune pâle et le blanc. Au centre, les galles présentent fréquemment un petit point brun nécrosé qui peut prendre plus ou moins d'importance. Dans certains cas, toute la protubérance brunit. Les plus grosses galles déforment les nervures qui les portent, ce qui est perceptible à la face supérieure du limbe, mais la forme générale de la feuille n'est pas affectée. A la face supérieure, les proliférations peuvent parfois être décelables par une légère décoloration des tissus.

Sur les feuilles non déroulées de B. 37.172 on peut observer des chapelets de jeunes galles très fines le long de nervures légèrement hypertrophiées sur plusieurs centimètres de longueur.

Histologie

D'une variété de canne à l'autre, l'anatomie des galles paraît bien constante à part quelques détails.

Les protubérances sont constituées par un phénomène d'hypertrophie et d'hyperplasie qui affecte les tissus suivants :

— Une zone intrafasciculaire au centre de la galle.

— La gaine périvasculaire ou externe (le *chlorophyll-bearing bundle sheath* des auteurs anglo-saxons).

— Les tissus extrafasciculaires constituant le mésophylle.

Le faisceau criblo-vasculaire qui se trouve toujours au centre de la galle est généralement un faisceau principal ou de premier ordre. Dans la plupart des cas, la galle est organisée symétriquement autour de ce faisceau. Le xylème et le massif criblé sont hyperplasiés, pouvant atteindre un volume double du volume normal

Au niveau du xylème, la gaine externe du faisceau est bien en place ainsi que les cellules parenchymateuses chlorophylliennes perivasculaires. Mais au niveau du massif criblé les tissus sont fortement hyperplasiés et hypertrophiés. La gaine interne lignifiée subsiste mais se confond avec le tissu adjacent anormalement lignifié. Au pôle inférieur du faisceau subsiste un amas de fibres (*Phloëm fibers* de Martin). La gaine externe est fortement transformée. Entre les fibres lignifiées du phloëme et le faisceau de fibres sclérenchymateuses, les cellules de la gaine externe sont hypertrophiées, hyperplasiées et lignifiées. Suivant la grosseur des galles, le tissu lignifié devient plus important. Il tend à entourer complètement le massif criblé. Les cellules ne sont plus isodiamétriques mais allongées et disposées en files grossièrement radiales à partir du massif

criblé. Le tissu lignifié tend alors à comprimer le phloëme qui est déformé, aplati contre le xylème. Il constitue un pilier central de part et d'autre duquel des cellules parenchymateuses du type lacuneux ont proliféré. Ce parenchyme peut contenir quelques faisceaux secondaires noyés et déformés dans la masse cellulaire.

Entre les grosses protubérances, les faisceaux libéroligneux sont hypertrophiés et entourés d'une gaine externe légèrement lignifiée (Fig 2).

A la limite d'une galle sur feuille de canne de variété Pépécuca, (Fig. 3) il est fréquent d'observer des faisceaux secondaires entourés d'une gaine hypertrophiée entre le phloëme et les fibres sclérenchymateuses. Les cellules commencent à se diviser. Une prolifération du parenchyme chlorophyllien a également été observée au pôle inférieur.

Sur des feuilles de canne de la variété R. 366, des galles formées le long d'un faisceau central de deuxième ordre ont été observées (Fig. 4). Ces protubérances englobent plusieurs faisceaux symétriquement disposés. A la limite des tissus hypertrophiés, un ou deux faisceaux, dont les éléments libéro-ligneux semblent normaux, sont entourés d'une gaine externe hyperplasiée du côté de la galle. Dans certains cas, ce tissu, constitué de grosses cellules isodiamétriques, reste entouré d'une ceinture de petites cellules qui le sépare des grosses cellules du parenchyme lacuneux constituant la majeure partie de la galle. Certaines de ces cellules contiennent un gros chloroplaste. Il apparaît ainsi que la gaine externe est seule hypertrophiée et hyperplasiée et seulement du côté de la galle.

Sur une coupe de feuille non déroulée de B 37.172 on observe des galles dont l'anatomie est semblable à celle des protubérances sur feuille adulte (Fig. 5). Les tissus ne sont pas encore lignifiés, mais la forme et les dimensions des cellules permettent aisément de les reconnaître. Les proliférations sur la feuille observée sont apparues sur un vaisseau de deuxième ordre. Les tissus vasculaires paraissent de taille normale ; le phloëme est simplement un peu étiré. Les cellules qui donneront la gaine interne sont à leur place, mais légèrement hypertrophiées. Les petites cellules qui correspondent au parenchyme chlorophyllien subsiste, mais elles sont séparées des vaisseaux par une gaine externe hyperplasiée et hypertrophiée. Au pôle inférieur, les cellules de cette gaine tendent à perdre leur forme isodiamétrique et à s'allonger à partir du phloëme. Le parenchyme est fortement hyperplasié, les cellules s'orientent en direction du pôle inférieur du phloëme, les files de cellules s'organisant comme les jets d'une fontaine stylisée dont le centre serait occupé par le phloëme. A la limite de la prolifération on observe le même phénomène que sur les coupes de feuilles déroulées de R 366. Les cellules qui doivent donner la gaine externe se multiplient du côté du centre de la galle.

C'est dans l'étude anatomique, que nous n'avons pas encore pu faire, de galles de feuilles encore plus jeunes que l'origine topographique du

Fig 1 — Chapelets de galles sur P. R. 1000.

Fig. 2 — B 37. 172 — Coupe transversale dans un " filet " entre grosses protubérances

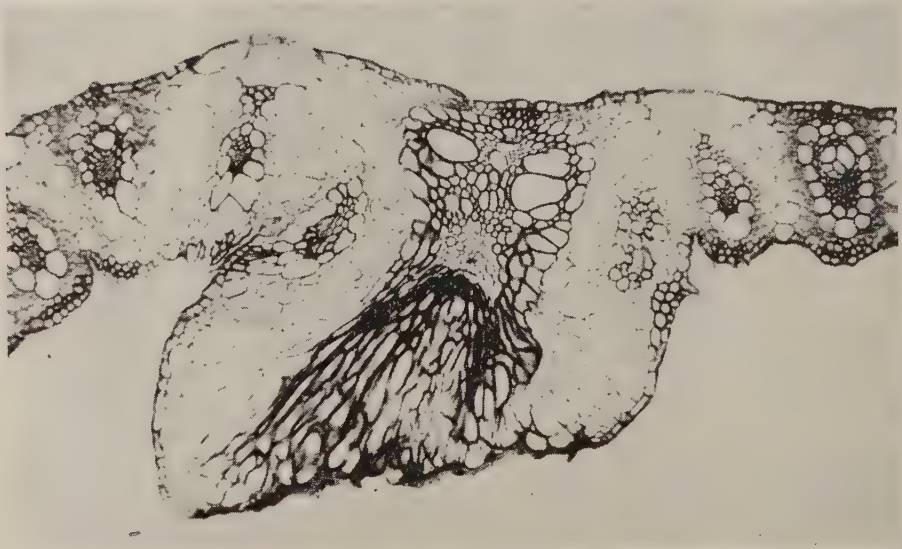


Fig. 3 — Pépecuca — Coupe transversale dans une grosse galle

phénomène d'hyperplasie et hypertrophie doit être cherchée. Toutefois on peut dès maintenant remarquer que les galles sont toujours organisées autour d'un faisceau criblo-vasculaire et plus particulièrement du phloëme. Il semblerait qu'il diffuse de ce faisceau central un facteur d'excitation auquel les tissus parenchymateux se montreraient particulièrement sensibles ainsi que la gaine externe des faisceaux.

Evolution

Les symptômes externes sont étroitement voisins sur des cannes de tous âges (des vierges à la 7ème repousse) et à tous les stades végétatifs. Ils semblent appartenir au même stade ou à des stades très voisins d'évolution. Seules les galles que l'on observe sur les feuilles non déroulées paraissent susceptibles de se développer. Les coupes transversales montrent que ces protubérances comportent une masse, parfois importante, de tissus lignifiés qui ne peuvent plus évoluer. Cela concorde avec les observations sur le terrain de Monsieur Syfrig de Nossi-Bé. Les feuilles qui ne montrent pas de galles dès le déroulement n'en porteraient pas ultérieurement. Les protubérances apparaîtraient dès le déroulement et ne sembleraient grossir que d'une manière très limitée, en rapport avec le développement de la feuille. Les galles se développeraient principalement dans le fourreau. Comme dans de nombreux cas leur développement est synchronique de celui la feuille.

En juin 1959, lors d'une inspection de la collection de cannes de la station agronomique d'Ambanja, aucune anomalie similaire aux galles n'a été remarquée En octobre, sur les repousses après coupe, de nombreux cas ont été relevés sur plusieurs variétés. Fin mai 1959, un certain nombre de variétés étaient libérées de la station de quarantaine de Marovoay. En octobre des cannes montraient des galles dans les collections de Nossi-Bé. Les mêmes variétés sorties de Marovoay en novembre 1959 portaient des galles à Ambanja, début février 1960.

Une souche de B. 37.172, coupée, a montré des galles sur ses repousses au bout de six semaines. Par contre, au sixième mois, aucune protubérance n'est apparue sur des boutures prélevées sur la même souche et plantées en serre-insectarium ou au champ. Une expérience semblable est en cours après numération des boutures, en particulier des nœuds correspondant aux feuilles affectées.

Trois souches qui ont donné des feuilles porteuses de galles ont été replantées, le 18 février, dans une zone indemne (tout au moins aux abords immediats). Fin mars, elles n'en avaient pas encore montrées. A la place d'origine des souches transplantées de nouvelles boutures ont été mises en terre.

Quatre boutures provenant de souches apparemment indemnes, ont été plantées le 16 février 1960 en interlignes entre les souches porteuses de galles. L'une d'elles a manifesté les symptômes caractéristiques quarante-deux jours après (soit six semaines).

Ces expérimentations doivent être poursuivies et améliorées. Elles permettent de dire qu'en six semaines on peut obtenir des galles bien typiques sur les premières feuilles des repousses d'une souche coupée ou d'une bouture. L'évolution, tout au moins jusqu'au développement actuellement connu, est rapide.

Depuis la découverte des galles, aucune aggravation des symptômes n'a été observée. Sans pouvoir donner de chiffres précis, il semble que les galles sont moins nombreuses qu'en octobre-novembre 1959. Les premiers symptômes observés ne paraissent pas devoir prendre plus d'importance.

Variétés de cannes sensibles

Un très grand nombre de variétés de canne montrent des protubérances, tant à Nossi-Bé et Ambilobe que dans la collection d'Ambanja. Des galles ont été observées sur:

B. 37.172	Trojan	H. 37.1933
B. 34.104	Ragnar	M. 147/44
B. 43.62	Pindar	M. 112/34
B. 41.227	PR. 980	R. 397
N. Co: 310	PR. 1000	R. 366
Q. 57	Pépécuca	

Dispersion des galles

Des prospections dans les champs ont été faites en décembre 1959, par les équipes de lutte contre la maladie de Fidji qui travaillent ordinairement sur la Côte Est. Ils ont repéré le nombre de souches porteuses de galles par parcelle et rapporté le chiffre à l'hectare, comme au cours de leur travail habituel.

Les souches porteuses de galles sont très dispersées dans les plantations de canne de Nossi-Bé, d'Ambanja et d'Ambilobe. Les plus fortes densités se trouvent à Nossi-Bé sur la variété B. 37.172 où l'on a recensé 50 cas sur une parcelle de 1,25 hectare en vierge et 39 cas sur un hectare en cinquième repousse. La variété B. 34.104 est une des variétés qui en montre le plus, en moyenne 7 cas par hectare en première repousse, 11 cas par hectare en 7e repousse.

A Ambilobe les galles sont également très dispersées, leur densité est beaucoup plus faible.

Dans les cannes cultivées autour des maisons d'Ambanja, la moitié des cinquante-six touffes observées montrent des galles.

Mais cette prospection ne donne aucun résultat quant à la répartition des souches porteuses dans les champs. Certaines sont complètement isolées comme à la SOSUMAV ou comme certaines souches de B. 37.172

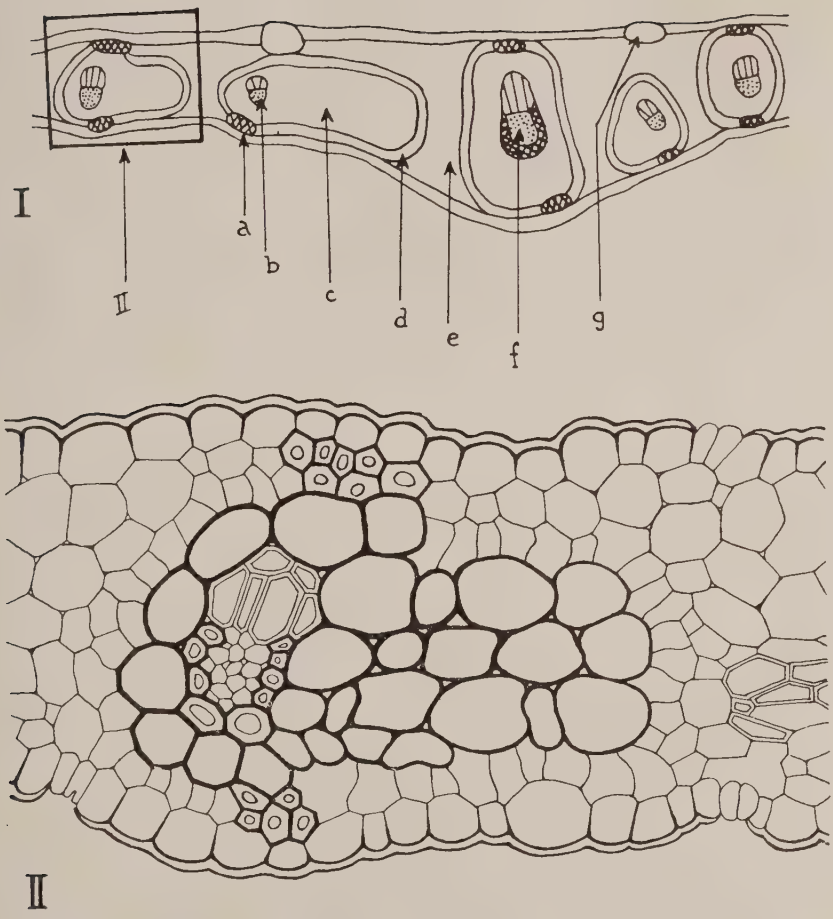


Fig. 4 – I. — Schéma d'une coupe transversale dans une feuille de R. 366 :

a) — Fibres sclerenchymateuses. b) — Faisceau libéro-ligneux.
c) — Gaine externe du faisceau. d) — Parenchyme chlorophyllien.
e) — Faisceau de 2ème ordre. f) — Parenchyme lacuneux. g) Tissu bulliforme.

II. — Dessin de détail d'une gaine externe hypertrophiée et hyperplasiée.

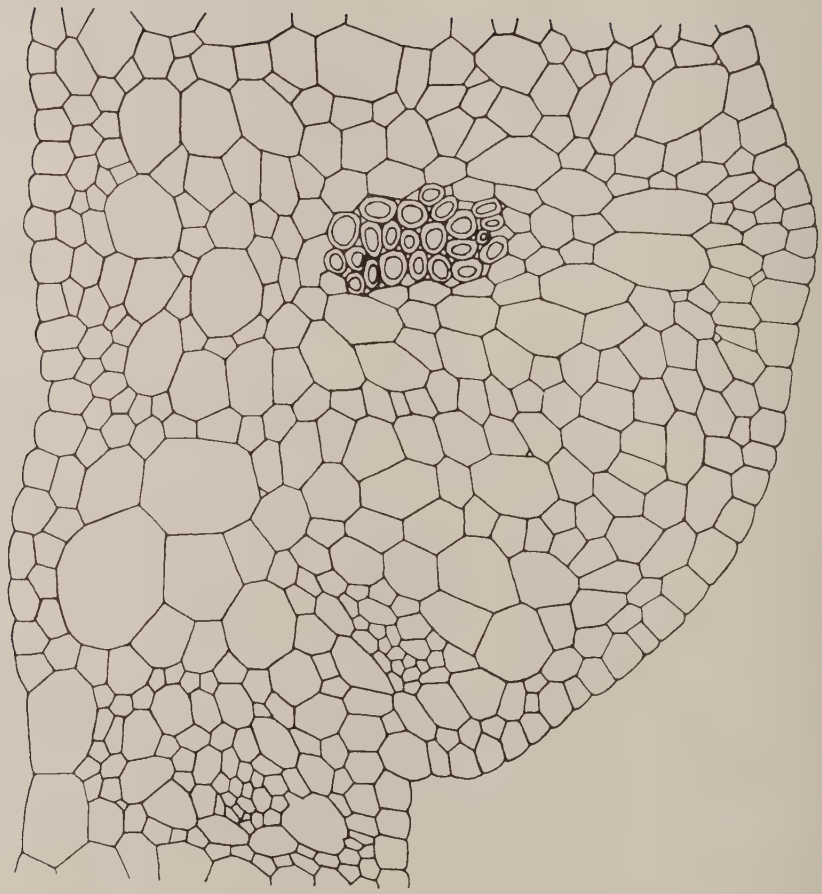


Fig. 5 — Coupe transversale dans une jeune feuille de B. 37.172 :

Chaque tissu est en place. Seules les cellules du phloême ont des parois épaissies
On remarquera l'hypertrophie et l'hyperplasie de la gaine externe.

en bordure d'un champ de N : Co. 310. Mais on en trouve en ligne, cas d'une dizaine de touffes de B. 37.172 à Nossi-Bé. D'autres sont groupées en un point particulier. C'est le cas d'un champ de B. 37.172 à la limite d'une collection de cannes sortant de la quarantaine de Marovoay, qui toutes ont montré des galles. C'est parmi ces cannes de B. 37.172 qu'une bouture sur quatre plantées en interlignes, a montré des protubérances au bout de six semaines.

De nouvelles prospections seront faites après la coupe, pour étudier la propagation de la maladie. Outre le rapport des cas à l'hectare, un relevé de la répartition dans le champ devra être fait.

La répartition des galles sur des cannes en vierge ou après un nombre élevé de repousses, ne permet pas d'incriminer le rôle des herbicides qui affecteraient particulièrement les premières repousses. D'autre part des galles sont apparues sur des cannes qui n'ont subi l'influence d'aucun herbicide ou insecticide, notamment les cannes plantées autour des maisons.

Graminées porteuses de galles sur la Côte Ouest

En octobre 1959, Monsieur Halais trouvait à Ambanja des galles sur l'herbe à éléphant, *Pennisetum purpureum,* dans un champ limitrophe de la collection de cannes. D'autres graminées le « fataka », *Sorghum verticiflorum*, à Ambilobe et plusieurs *Panicum* (*Panicum maximum, Panicum trichocladum* et *Panicum violacearum*) à Ambanja montrent des galles sur le limbe et la gaine.

Anatomiquement, ces protubérances présentent les mêmes caractères que les galles sur feuilles de canne à sucre :

— légères hyperplasie et hypertrophie des faisceaux conducteurs

— hyperplasie et hypertrophie de la gaine externe des faisceaux

— hyperplasie du mésophylle.

Il semble bien que ces proliférations similaires sont produites par un facteur excitant semblable à celui qui provoque des protubérances sur la canne à sucre. Il serait très intéressant d'étudier les graminées porteuses de galles au voisinage des cannes à sucre.

Diverses galles sur feuilles de graminées ont été observées et décrites dans le monde. L'origine virale de ces affections est reconnue. Sur le riz, il y a une dizaine d'années, Agati et Calica (8) ont étudié la maladie des galles des feuilles aux Philippines. Le riz est atteint de nanisme ; les symptômes rappellent ceux de la maladie de Fidji. Le virus est transmissible par une cicadelle au riz et au maïs. Sur maïs également, un virus provoque un gonflement des nervures secondaires des feuilles au Queensland. Les jeunes plants demeurent nains avec des feuilles vert sombre. Le virus est transmis par un Jasside (8). En 1955, Ocfemia et Celino (6)

ont observé aux Philippines une affection du sorgho rappelant la maladie de Fidji. Le plant est également atteint de nanisme et les feuilles portent des galles longues et étroites à la face inférieure. Harris (3) en 1958 a signalé une affection similaire en Nigéria du Nord. Sur *Coïx lacryma jobi*, Hadden, Wismer et Martin (5) ont observé en 1947 des galles à la face inférieure des feuilles.

Importance économique

Le symptôme de galles à la face inférieure des feuilles n'est pour le moment accompagné d'aucun trouble qui puisse faire redouter une incidence économique. La très grande dispersion des galles ne permettra pas d'évaluer une éventuelle perte en tonnage. S'il est nécessaire que le phytopathologiste porte une attention vigilante sur ces anomalies, le planteur n'a pas lieu de s'inquiéter pour le moment.

Comparaison avec la maladie de Fidji

Les galles apparues dans les plantations de canne de la Côte Ouest de Madagascar présentent des analogies troublantes avec celles dues à la maladie de Fidji.

— Elles sont présentes sur la face inférieure de la feuille le long des nervures ;

— Les plus petites sont semblables aux petites galles isolées, dues à la maladie de Fidji ;

— Quoique très limitées par rapport à celles provoquées par le virus de la maladie de Fidji, hypertrophie et hyperplasie du phloëme.

Par contre, morphologiquement, on observe les différences suivantes :

— Les protubérances typiques de la maladie de Fidji sont très allongées dans la direction des nervures ; leur surface est bien lisse alors que les plus grosses galles apparues sur la Côte Ouest ont une apparence de gouttes d'eau qui s'écrasent sur la feuille.

— Les protubérances apparues sur la Côte Ouest sont liées entre elles par un filet qui peut être continu sur plusieurs centimètres.

Histologiquement, les différences nous paraissent très importantes.

— La galle de Fidji est constituée essentiellement par une hypertrophie considérable du phloëme, bien que les autres tissus prennent un certain développement. Les tissus sclérifiés qui entourent le phloëme dériveraient d'après Kunkel (4) des cellules normalement appelées à former le *sclerenchymatous sheath* et de certaines parties du massif criblé. Le *sclerenchymatous sheath* doit correspondre à la gaine interne des faisceaux. Ces tissus sont donc d'origine intrafasciculaire.

Les galles sur la Côte Ouest sont constituées essentiellement de l'hypertrophie et hyperplasie des tissus périvasculaires, bien que les vaisseaux puissent augmenter très sensiblement de volume. Les tissus sclérifiés qui entourent le phloëme paraissent dériver de la gaine externe des faisceaux et peut-être aussi du mésophylle.

A l'exception des très jeunes galles qui peuvent à la rigueur prêter à confusion, aucun des symptômes bien classiques de la maladie de Fidji n'a été observé sur la Côte Ouest. D'après nos connaissances actuelles, il n'est pas possibe d'attribuer les galles apparues sur cette côte à la maladie de Fidji.

Hypothèses sur l'étiologie

Les quelques observations données précédemment sont trop sommaires pour pouvoir émettre une opinion sur l'étiologie de ces galles. L'étude cytologique en est à faire. De plus, les protubérances étant visibles dès le déroulement des feuilles, il est indispensable d'en étudier l'anatomie et la cytologie depuis le point de croissance de la feuille jusqu'à son déroulement.

De nombreuses affections se manifestant par des galles sont dues à l'action directe d'insectes. Mais dans les coupes il n'a jamais été observé de traces de stylets qui le plus souvent provoquent la formation de gaines résiduelles. Les galles étudiées ne peuvent pas être des zoocécidies. Pour qu'il y ait une série de proliférations le long d'un faisceau, il faut qu'il y ait transport d'un facteur d'excitation. De plus les galles se forment sur les feuilles non déroulées. L'hypothèse d'une action directe d'insectes doit être rejetée.

Au centre de toutes galles, il y a un faisceau. Le phloëme est un pôle autour duquel s'organise les proliférations. C'est une caractéristique de nombreuses maladies à virus d'avoir pour centre le phloëme. Aussi l'hypothèse d'une origine virale compte parmi les plus intéressantes. Mais au stade actuel de nos connaissances de nombreuses hypothèses sur l'origine et la nature de l'excitation sont à retenir.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANTOINE, R — Pseudo-Fiji on the west coast of Madagascar. *Note dactylographiée inédite*, 5. pp. Réduit, Maurice, Novembre 1959.

2. ARTSCHWAGER, E. — Anatomy of the vegetative organs of sugarcane. *Journ. Agric Res.* 30 pp. 197-221, 1925.

3. HARRIS Elizabeth — A leaf gall disease of sorghum. *Commonwealth Phytopathological News*. Vol. 4, pt. 4, 1958.

4. KUNCKEL, L. O. — Histological and cytological studies on the Fiji disease of sugarcane. *Bull. Exp. Stat. Hawaiian Sugar Planters' Assoc., Bot. Ser.,* Vol. 3, part. 2, pp. 108-114. 1924.

5. MARTIN, J. P. — Fiji disease of sugarcane. *Hawaii Plant. Rec.* Vol 51, No. 2, pp. 103-118, 1947.

6. OCFEMIA, C. O. et CELINO, M. S. — Note on the presence on sorghum of symptoms like those of the Fiji disease of sugar cane. *Philipp Agric.* 38, 8, pp. 558-559, 1955.

7. ROGER, L. — Les problèmes phytopathologiques en République Malgache, dans l'archipel des Comores et l'Ile de La Réunion. *Rapport ronéotypé* O.R.S.T.O.M., Paris, No. 5005. Janvier 1960.

8. ROGER, L. — Phytopathologie des pays chauds. *Le Chevalier* Ed., Tome III, pp. 2564-2569, Paris 1954.

9. VAN DILLEWIJN, C. — Botany of sugar cane. *The Chronica Botanica Co.*, 1952.

UN ASPECT IMPRÉVU DE LA GOMMOSE A LA RÉUNION

par

D. D'EMMEREZ DE CHARMOY

Le silence s'étant fait autour de cette maladie depuis une vingtaine d'années on la croyait éteinte.

Aujourd'hui, elle reprend sa place, au premier plan des actualités agricoles de la Réunion où elle vient de reparaître dans toute sa violence.

Des échos vous sont parvenus de ce qui se passe actuellement chez nous.

Presqu'au même moment, des épiphyties semblables éclataient au Sud-Afrique et en Rhodésie, coïncidence frappante qui laisserait s'accréditer la croyance qu'il existe à cela une cause commune, soit d'ordre climatique, soit d'ordre pathogénique qu'il serait téméraire de chercher à élucider sans une étude approfondie du sujet.

Nous dirons seulement, au début de notre exposé, avoir eu l'occasion en 1938, d'intercepter et de détruire des boutures infectées, en provenance d'Afrique.

En effet, en consultant notre registre d'importation, nous voyons inscrites, en marge du feuillet, les annotations suivantes concernant une importation de 19 variétés :

F ? K ? 28, Mayaguez 28 & 61, F. C. 915, S. J. 4, P. O. J. 2822, probablement atteintes de gommose, sont détruites.

Quelques mois après, P. O. J. 2722 et 2946, appartenant au même lot, périssent après une bonne levée. Auraient-elles été détruites par la gommose ? Nous n'oserons l'affirmer.

De cette introduction ont survécu Co. 331 et Co. 432 qui sont actuellement parfaitement saines. Sans rien en laisser paraître, auraient-elles été porteuses d'une souche étrangère de gommose ?

Dans le doute, abstenons-nous de répondre à des questions qui auraient pourtant une signification de grande valeur.

Ces suppositions ne sont pas, quand même à rejeter, on en conviendra.

Les études de nombreux chercheurs sont unanimes à reconnaître que la sensibilité des cannes a toujours été le facteur déterminant dans l'apparition périodique des épiphyties de gommose.

Pourtant, il n'est pas exclu que des phénomènes météorologiques ou la présence insoupçonnée d'une autre forme de pathogène, exotique ou autochtone, puissent y contribuer tout autant et rendre, momentanément inopérantes, les méthodes habituelles de défense qui ont fait leur preuve.

D'insensibles transformations, généralement peu nuancées, pour être facilement décelées, peuvent exceptionnellement, s'exprimer assez clairement par des manifestations écologiques anormales ou des symptômes spectaculaires, comme la chlorose ou une brûlure exagérée du feuillage.

C'est ce qui semble être le cas à la Réunion, à l'heure actuelle.

La présente épiphytie, qui se distingue des précédentes sous maints aspects, ne pourrait être que la conséquence de trois éventualités :

1°. Modification du régime climatique.

2°. Formation de mutants.

3°. Introduction de souche étrangère.

Chercher à démêler la vérité d'un pareil enchevêtrement après de si longues années ou rechercher le rôle que chacune d'elle a pu y exercer, nous conduira à formuler des hypothèses, parfois solidement étayées, mais qui ne constituent pas, pour autant, des preuves irréfutables.

Nous nous efforcerons simplement de les mettre en relief à la lumière d'observations recueillies en ces 10 dernières années plus particulièrement.

Un coup d'œil sur le passé

Avant d'entrer au cœur du sujet un coup d'œil sur le passé est indispensable.

Du temps de Bonâme qui a été le premier à Maurice à s'intéresser sérieusement à cette maladie bactérienne et peut-être même longtemps avant lui, nous devions posséder le même microbe.

La proximité des deux îles, des échanges fréquents de boutures depuis leur première mise en valeur, ne permettent pas d'en douter.

Vers 1930, si mes propres souvenirs sont exacts, l'aspect de la maladie ne différait en rien dans les deux îles.

Shepherd, dont la mission d'inspection avait précédé notre arrivée de quelques années, s'en serait aperçu et n'aurait pas manqué de signaler toute anomalie s'il s'en était trouvé.

En 1930 il y avait donc prédominance de la forme systémique au point que le mal aurait passé inaperçu si ce n'était la présence de gomme dans les tiges et les jus réfractaires qui en étaient extraits.

Cette époque se caractérisait par les traits suivants :

1° Infection systémique généralisée.

2° Infection foliaire très réduite.

3° Absence totale de chlorose.

soit, en résumé, l'opposé de ce qui se produit de nos jours.

Ensuite

4° Cultures de deux variétés principales : la Big-Tanna, la canne des régions humides et chaudes du littoral, réputée résistante : la Perromat-131, très sensible la canne des hauts plateaux et des versants montagneux, secs et froids.

5° Uniformité du mal, excluant toute influence de milieu ou de climat, ce qui n'est pas conforme aux constatations récentes.

Les lésions foliaires, rares et peu développées en général l'étaient davantage sur des vieilles variétés de moindre importance comme les Louzier, Port-Mackay et Guinghan. Aujourd'hui leur allure est impressionnante. Les stries, larges en moyenne d un demi-centimètre, s'étendent, le plus souvent, tout le long de la feuille.

L'utilisation de variétés résistantes, rendue facile par leur productivité accrue, les P.O.J. 36 et 2878, Co. 290 et 419, R. 331 et 337 et de M. 134/32 supprima radicalement la forme foliaire, donc les foyers d'infection et vers les années 40, on aurait cru ce mal disparu. Mais des petits foyers persistaient quand même du fait de l'impossibilité de se défaire entièrement des Big-Tanna qui étaient et continuent d'être employées comme plantes d'ombrage dans quelques vanilleraies et de la présence du bambou balai qui borde les chemins et les clôtures Son rôle dans la conservation et la propagation de la maladie était alors ignoré.

Situation en 1948

Le danger se trouvait pratiquement conjuré en 1948 quand on s'avisa de recourir à d'autres variétés pour différents motifs.

La P.O.J. 2878, celle qui s'était montrée la plus intéressante était décimée par plusieurs mycoses : morve-rouge, cephalosporium et surtout le Pokkah-boeng qui sévissait sous une forme nouvelle et violente. R. 331 et 337, malgré d'exceptionnelles qualités végétatives durent être abandonnées pour des raisons industrielles.

Toutes étant condamnées, R. 397 et M. 134/32 leur furent substituées en toute hâte.

Sur le point de devenir la principale canne du pays, la R. 397, dès le passage du cyclone de mars 1958, révéla une sensibilité plus grande

qu'à l'ordinaire envers la gommose, laissant entrevoir le danger dont on était de nouveau menacé.

Jusque là, elle n'avait jamais laissé apparaître le moindre signe d'une faiblesse réelle bien qu'ancienne de 20 ans.

En outre, par la qualité de ses ascendants, P.O.J. 2878, Uba Marot et Co. 281, elle offrait autant de garanties que les variétés qui l'avaient précédée.

Ce comportement, contraire aux prévisions, ne lui sera pas particulier. Beaucoup d'autres variétés de réputation mondiale subiront peu à peu le même sort: B. 3337, B. 37172 B. 34104, M. 63/39, Q. 47.

Comment l'épiphytie s'est-elle reconstituée

Peut-être par des passages répétés sur des hôtes de plus en plus résistants, étroitement apparentés, B. 386, B. 366, B. 430 ainsi que semble l'indiquer la séquence d'apparition de la maladie.

On observe d'abord de timides retours vers 1950 sur B. 386, puis sur R. 366, deux cannes sœurs de R. 397. Ensuite, trois ans plus tard sur R. 397 et successivement sur B. 34104, B. 3337 et B. 37172.

Quelques cas sont découverts sur des milliers d'hectares, si bénins que R. 397 se classerait dans la catégorie « hautement résistante »

Huit ans après, le cyclone déclenche de toutes parts une soudaine explosion suivie d'un cheminement à travers l'île entière.

Dix années se sont écoulées entre le début et l'apogée de l'infection.

Ne peut-on voir, dans cette pause plus ou moins longue suivant les variétés, qui précède la poussée intense, une période d'acclimatation à de nouvelles conditions d'existence ?

Habitué à certaines cannes le parasite éprouverait la nécessité d'une adaptation avant d'exercer sur une autre ses ravages.

Cette interprétation vaudrait aussi bien que celle de l'instabilité génétique de l'hôte.

Nous énumèrerons quelques-uns des exemples analogues qui ont été rencontrés. Six cannes ont été introduites la même année :

M. 147/44 et M. 31/45 de Maurice,

N. Co; 310, 376,292 et 293 de l'Afrique du Sud.

De ces six variétés, plantées dans le même jardin, multipliées simultanément, toujours dans les mêmes champs, les uns à proximité des autres ayant reçu un traitement identique, seule la M. 147/44 contractait la maladie à 100 dès la 2ème année alors que les autres restaient saines.

Mieux et plus étrange encore, N. Co : 310, inoculée artificiellement, réagit exactement comme M. 147/44, manifestant une forte chlorose bien qu'elle soit rebelle jusqu'ici à la contagion naturelle.

Dans les deux cas, le blanchissement du feuillage exprime une haute sensibilité. Mais il ne démontre pas forcément l'existence d'une souche contaminante nouvelle.

Examinons l'exemple d'un autre lot de boutures importées cette fois de la Guadeloupe : B. 47/44, H. 37-1933 et H 32/8560 dont la multiplication s'est faite dans des circonstances analogues.

B. 47/44 et H. 32-8560 prennent le mal au bout de 6 ans.

H. 37-1933 au bout de 10.

Les mêmes constatations se retrouvent chez d'autres variétés ainsi qu'il ressort du tableau qui suit :

Noms des variétés	Date d'introduction	Date d'apparition de la maladie	Nombre d'années écoulées
M. 63/39	1946	1960	14
M. 76/39	1946	1960	14
M. 165/38	1946	1960	14
M. 134/32	1938	1959	31
M. 147/44	1956	1958	2
M. 31/45	1956	saine	
M. 93/48	1958	1959	q. q. mois
M. 202/46	1958	1959	q. q. mois
M. 253/48	1958	1960	2
B. 34104	1948	1955	7
B. 3337	1948	1958	10
B. 37172	1948	1960	12
B. 41227	1950	saine	
B. 40.105	1950	1958	8
B. 47.44	1953	1958	5
B. 43 62	1953	saine	
B. 46-364	1959	1960	q. q. mois
H. 37-1933	1950	1960	10
H. 32-8560	1953	1959	6
Q. 42	1950	1958	8
Q. 47	1950	1958	8
Q. 49	1950	saine	
P.O.J. 2967	1950	1953	3
P.O.J. 3016	1950	1958	8
Vesta	1950	saine	
Pindar	1950	saine	

Les délais extrêmes d'accoutumance varient entre quelques mois et plusieurs dizaines d'années.

Les variétés les plus lentes à s'infecter sont: d'abord M. 134/32 (30 ans), ensuite M. 63/39, M. 76/39, M. 165/38 (14 ans), B. 37172 (12 ans), H. 37-1933 (10 ans).

Les plus rapides: M. 93/48, M. 253/48, M. 202/46, quelques mois seulement, ensuite M. 147/44 (2 ans).

Intermédiaires: B. 34104, B. 3337 (7 ans), Q. 47, P.O.J. 3016 (8 ans), H. 32-85-60 et B. 47-44 (5 ans).

On retrouve dans ce tableau la même tendance de préadaptation variable suivant les hérédités.

Qu'une canne appartienne à un groupe déjà contaminé, l'infection s'y installera d'emblée exemple:

M. 147/44 qui avait été précédée de sa cousine germaine R. 397.

B. 46.364 qui avait été précédée de B. 3337.

En conséquence si la souche propre à R. 397 venait à s'introduire à Maurice, une épiphytie s'y installerait aussitôt.

Par contre, qu'une canne appartienne à une famille éloignée, elle demeurera longtemps saine.

La naissance d'exotypes, telle que nous le supposons, serait due à l'ampleur actuelle de la forme foliaire, terrain idéal de prolifération quand le climat s'y prête comme en ces dernières années, où les hivers ont été anormalement nébuleux et humides.

Si de pareils accidents ne sont pas courants, l'histoire de la pathologie de la canne en donne néanmoins quelques exemples approchants, ceux de la mosaïque et de la morve-rouge.

Personnellement, nous avons assisté à celui du Pokkah-boeng longtemps contenu avant qu'il ne détruise la P.O.J. 2878.

Les complications qu'elle pose

Les complications qu'elle soulève dépasse l'intérêt qu'on peut porter à son origine.

Les moyens de défense classiques deviennent périmés, les essais de résistance précaires.

Contrairement à ce qui était couramment admis, ce sont les climats secs, donc les moins favorisés, qui sont les plus exposés, les plus atteints, les régions humides, surhumides, ne l'étant guère.

Trouver des cannes de remplacement pose un problème d'autant plus difficile que le comportement des variétés s'en est aussi ressenti.

Contre toute attente, les meilleures succombent les unes après les autres.

Les ressources s'épuisent. Il est à craindre que les cannes recommandées se condamnent d'elles-mêmes par un rendement inférieur de beaucoup à celui de R. 397.

Dans l'ensemble, bien peu se montrent appropriées à la situation et à de rares exceptions près, on peut affirmer qu'aucune d'elles ne se

défend parfaitement, même les plus réputées comme les B. 3337, 37172 et 34104 dont STEVENSON a fait aux Barbades le plus grand éloge.

M. 134/32, R. 445, R. 447, Vesta, B. 41-227, Co. 419, toutes issues de P.O.J. 2878, sont les dernières qui résistent encore assez bien.

Perspectives d'avenir

L'espoir d'une amélioration réelle réside dans des recherches de génétique qui auront pour but la mise au point de géniteurs et de croisements de choix. Il lui faudra trouver mieux que P.O.J. 2878 comme parent.

NORTH et STEVENSON mentionnent le taux élevé de seedlings résistants que donne le 4ème anoblissement de la canne sauvage, entre 80 et 90%.

Or, à la Réunion, nous sommes loin de pareils résultats.

Après 20 ans, il ne reste rien des croisements P.O.J. 2878 x Uba Marot x Co. 281 (toutes trois réfractaires) auxquels appartiennent R. 366, 380, 386, 397, 430.

Dans le croisement plus récent P.O.J. 2878 x R. 331 qui date de 1946, sur une population de 10 milles on ne compte plus qu'une seule variété réfractaire, R. 447 et deux ou trois autres assez résistantes, R. 445, E. 484, R. 490.

Un examen plus attentif de croisements moins anciens donne les résultats suivants :

Incidence d'infection de quelques croisements.

Croisements		Grandeur de la population	Nombre de variétés résistantes	% age
R. 386	x R. 449	11.000	150	1,4
Vesta	x P. R. 294	1.600	28	1,7
R. 386	x B. 34104	5.320	28	0,52
R. 352	x R. 372	970	17	1,7
M. 134/32	x R. 449	270	7	2,6
M. 134/32	x R. 445	900	17	1,9
M. 132/34	x R. 397	300	15	5
M. 423/41	x S. robustum	250	17	1,9
P. O. J. 2878	x R. 331	6.760	29	0,46
P. O. J. 2878	x R. 366	1.500	10	0,66

Ces chiffres résultent de deux sélections à intervalle d'un an. La première où il a été tenu compte de tous les critères de base, la seconde où seule la gommose a été prise en considération.

A quoi attribuer ce faible pourcentage de réussite sinon qu'aux immenses possibilités reproductives et à la faculté générative infiniment vaste de l'infection foliaire.

Aussi longtemps qu'elle ne sera pas supprimée ou réduite à des proportions normales et raisonnables les efforts de la recherche n'aboutiront pas à une solution heureuse.

Les mesures préventives à mettre en vigueur devront tendre vers cet objectif qui est le plus urgent de tous.

Résumé

Vingt années de répit laissées par la maladie de la gommose viennent d'être rompues à la suite du passage d'un cyclone en 1958.

Sous certains rapports, la nouvelle épiphytie diffère des précédentes, notamment en ce qui concerne la résistance variétale, la distribution géographique et l'équilibre des deux formes infectieuses, primaire et secondaire.

La forme foliaire, exceptionnelle et impressionnante dans ses dimensions et son intensité, semble être la cause prédominante de ce bouleversement. Elle entretient le mal indéfiniment et semble constituer le foyer où prennent naissance sans cesse de nouveaux écotypes.

Aussi longtemps qu'on n'aura pas réussi à l'éteindre, aucune amélioration sérieuse n'est à espérer.

La présence d'une souche étrangère de bactéries de même qu'une modification du régime climatique sont évoquées comme causes possibles.

LE BILAN THERMIQUE IDÉAL EN FABRICATION DE SUCRE ROUX

par

RENÉ NOEL

Directeur d'Usine, St. Antoine S. E.

L'industrie du sucre de canne est dans la position unique de pouvoir compter sur un de ses sous-produits comme combustible pour la génération de la totalité de la vapeur nécessaire à la fabrication du produit fini.

Cet heureux état de choses n'a pas manqué de faire sous-estimer l'importance d'une bonne balance thermique, jusqu'au jour où ce même combustible gratuit — la bagasse — s'est avéré une excellente matière première dans la fabrication de divers produits papier, *hardboard* et autres.

A Maurice, l'utilisation de la bagasse à d'autres fins que la production de vapeur est encore au stade des études. Certaines sucreries ont bien commencé à vendre de l'énergie électrique au réseau, mais cette innovation s'applique uniquement à la période de roulaison et n'a pas été accompagnée par des mesures en vue de diminuer la consommation de vapeur de la fabrication.

Il n'entre pas dans le cadre de cette communication d'étudier les utilisations possibles de la bagasse, mais seulement de donner un aperçu des méthodes par lesquelles on peut économiser le maximum de bagasse dans une sucrerie type produisant du sucre roux, et d'estimer le surplus disponible si l'on travaille dans les meilleures conditions d'utilisation de la bagasse et de la vapeur.

La fabrication du sucre roux à partir du jus de canne comporte essentiellement trois opérations qui nécessitent l'utilisation de vapeur ; il s'agit du réchauffage du jus, de sa concentration sous forme de sirop et de la cuisson de ce sirop. Nous ne parlerons pas de la consommation de vapeur des machines, puisque celles-ci donnent de la vapeur d'échappement utilisable en fabrication.

Le problème qui nous intéresse consiste donc à réduire la consommation de la fabrication à son plus strict minimum et à avoir des machines d'un rendement tel que leur consommation soit inférieure à celle de la fabrication.

Nous savons tous que l'évaporateur à multiple effet permet une importante économie de vapeur, et que l'opération appelée prélèvement augmente encore cette économie qui est d'autant plus importante que la vapeur prélevée provient d'un effet de rang élevé. L'évaporateur classique

sous vide limite malheureusement assez vite l'emploi de prélèvements en raison des fortes surfaces de chauffe nécessaires à l'utilisation de vapeurs prélevées à faible température.

On a donc intérêt, malgré certains désavantages, à utiliser un évaporateur sous pression qui permet de prélever le maximum de vapeur sur le dernier effet de l'appareil.

Ceci étant accepté, il faut naturellement limiter le nombre d'effets de façon que la quantité de prélèvement disponible au dernier corps ne soit pas inférieure aux besoins du réchauffage et de la cuisson et qu'on dispose d'une certaine quantité de vapeur à condenser pour parer aux variations de conditions qui sont inévitables dans une sucrerie.

C'est ainsi que le triple effet s'impose si l'on veut obtenir des conditions optima de fonctionnement, ainsi qu'on le verra plus loin. La limite supérieure de température est également limitée car elle ne doit pas nuire à la qualité du jus et la valeur de la contre-pression des machines doit être maintenue dans des limites raisonnables.

Compte tenu de ces considérations, nous proposerons un triple effet fonctionnant entre 143° (3 kg/cm²) (42.6 p.s.i.) et 106° (0,300 kg cm²) (4.26 p.s.i), ce qui nous permettra de prélever la quasi totalité de la vapeur nécessaire sur le dernier corps (Fig. 1).

On remarquera qu'il n'y a pas intérêt à trop pousser l'évaporation du jus dans l'évaporateur, puisque l'évaporation nécessaire à la cristallisation se fera en fait dans des appareils à cuire qui ne seront autre qu'un 4e effet.

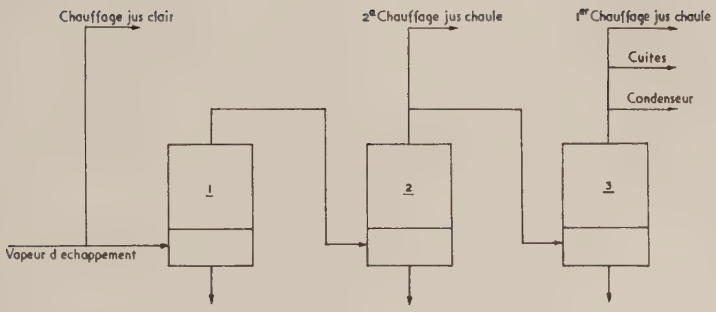
Nous donnons ci-dessous les caractéristiques principales de la sucrerie pour laquelle nous nous proposons d'établir une note de calcul, ainsi que les calculs par lesquels nous arrivons à la consommation totale du département de fabrication.

I. Données :

Capacité de la sucrerie	... ...	100 tc/h
Jus mélangé % cannes	... ..	100
Brix jus mélangé	... ...	15
Brix sirop	... ...	65
Pureté sirop	... . .	87
Températures : ambiance	... ..	25°
jus avant clarification	...	105°
,, ,, évaporation	. .	132°

Nous choisirons d'abord le schéma de fabrication qui, par la quantité de retours de produits, permet le maximum d'économie de vapeur, tout en garantissant un travail de bonne qualité en arrière d'usine.

FIG. I



CALANDRES	TEMPERATURES °C	132	120	106	
	PRESSIONS Kg cm^2	1,9	1,0	0,3	
FAISCEAUX	TEMPERATURES °C	143	132	120	
	PRESSIONS Kg cm^2	3,0	1,9	1,0	
ECHELLE DES TEMPERATURES		143	132	120	106
CHALEUR LATENTE DE VAPORS		510	516	526	532

FIG. II

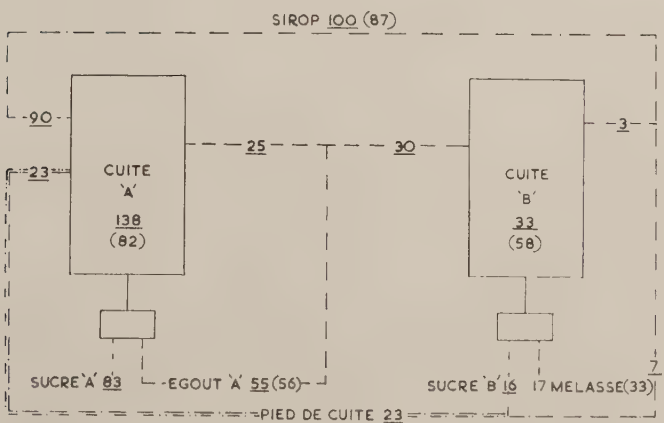


FIG. III

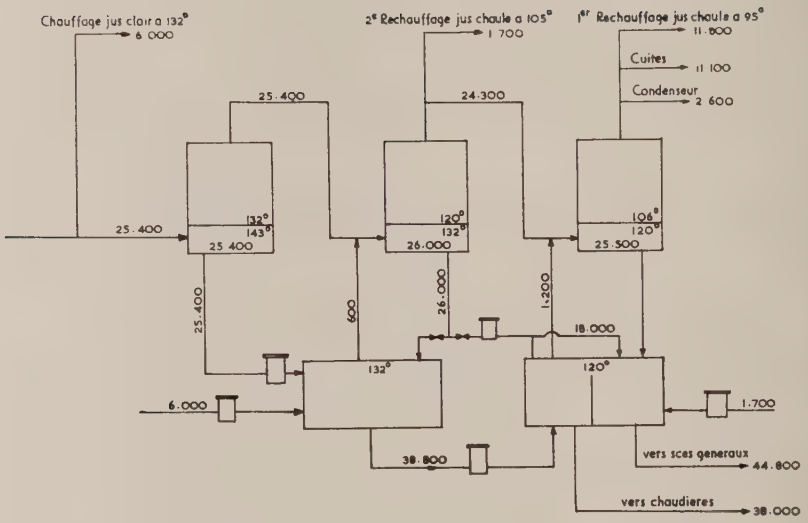
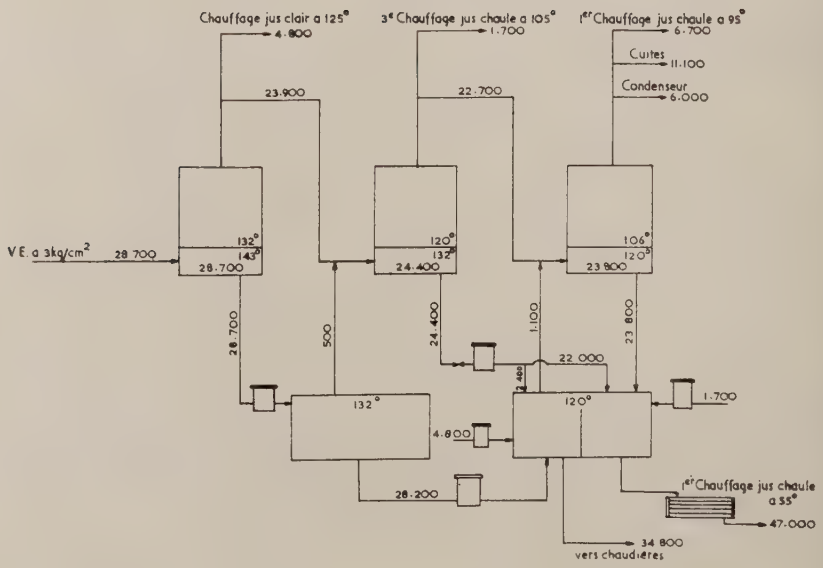


FIG. IV



Ce schéma (Fig. II) est basé sur un procédé de deux massecuites, déjà réalisé avec succès à la sucrerie de St. Antoine et dont les avantages comprennent une fabrication soignée et facile aussi bien qu'une économie de vapeur.

II. Produits de fabrication

Le calcul ci-dessous donne les quantités de produits de fabrication à partir d'un tel schéma.

(1) *Produits entrants*

(a) *Poids du jus* = 100.000 kg/h ... 100.000 kg/h

Matières sèches du jus @ 15 Bx = $\frac{100.000 \times 15}{100}$ = 15.000 kg/h

Cœfficient à appliquer aux chiffres

matières sèches du schéma = $\frac{15.000}{100}$ = 150

(b) *Poids de sirop @ 65 Bx*

$\frac{100.000 \times 15}{65}$ = 23.400 kg ... ... 23.400 kg/h

(2) *Produits sortants*

(a) *Poids de sucre roux*

83 x 150 = 12.450 kg ... ... 12.450 kg/h

(b) *Poids de mélasse @ 95 Bx*

$17 \times 150 \times \frac{100}{95}$ = 2.700 kg ... ... 2.700 kg/h

(3) *Quantité de massecuite*

(a) *Massecuite A @ 96 Bx*

$138 \times 150 \times \frac{100}{96}$ = 21.500 kg ... ... 21.500 kg/h

(b) *Massecuite B @ 99 Bx*

$33 \times 150 \times \frac{100}{99}$ = 5.000 kg ... ... 5.000 kg/h

III. Vapeur nécessaire à la fabrication

La détermination des quantités de produits que nous venons de faire permet maintenant de calculer les quantités de vapeur nécessaires à la fabrication ; le résultat de ces calculs est donné schématiquement à la fig. 2.

(1) *Réchauffage des jus*

(a) La vapeur de prélèvements du dernier corps étant à 106°, nous acceptons qu'elle permet de porter la température du jus mélangé à 95°.

$Q_1 = \frac{100.000 \times 0{,}90 \times 70}{532}$ = 11.800 kg ... ... 11.800 kg/h

(b) La température du jus est ensuite portée à 105° en utilisant de la vapeur prélevée sur le 2e corps.

$$Q_2 = \frac{100.000 \times 0.90 \times 10}{526} = 1.700 \text{ kg} \quad \ldots \quad \ldots \quad 1.700 \text{ kg/h}$$

(c) Le jus clair sortant du clarificateur à 98° est chauffé jusqu'à la température correspondant à la pression dans la première calandre au moyen de vapeur d'échappement.

$$Q_3 = \frac{100.000 \times 0{,}9 \times 34}{510} = 6.000 \text{ kg} \quad \ldots \quad \ldots \quad 6.000 \text{ kg/h}$$

(2) *Cuites*

(a) *Massecuite A @ 96 Bx*

Le brix moyen des produits servant à faire la cuite est compté à 70. La quantité de ces produits est donc :

$$21.500 \times \frac{96}{70} = 29.500 \text{ kg}$$

Eau à évaporer = 29.500 — 21.500 = 8.000 kg/h

En appliquant un cœfficient d'utilisation de 1,10 la vapeur nécessaire =

8.000 x 1,10 = 8.800 kg ... ... 8.800 kg/h

(b) *Massecuite A @ 99 Bx*

Quantité de sirop et égoûts = $5.000 \times \frac{99}{70} = 7.100$ kg

Eau à évaporer = 7.100 — 5.000 = 2.100 kg/h

Vapeur nécessaire = 2 100 x 1,10 = 2,300 kg ... 2.300 kg/h

(3) *Evaporation*

(a) *Sans auto-évaporation*

Nous étudierons d'abord le fonctionnement de l'évaporateur sans auto-évaporation, en se référant au schéma de vapeur (Fig. III).

Poids d'eau à évaporer = Poids du jus — poids du sirop =
100.000 — 23.100 = 76.900 kg

Soit x la quantité évaporée par le 3e corps.

3e corps : x
2e ,, : x + 1.700
1er ,, : x + 1.700
76.900 = 3x + 3.400

$$x = \frac{76.900 - 3.400}{3} = 24.500 \text{ kg}$$

Vapeur aux différents corps sans auto-évaporation

1er corps : 24.500 + 1.700 = 26.200
2e ,, : 24.500 + 1.700 = 26.200
3e ,, : 24.500 .. = 24.500

76.900

b) *Avec auto-évaporation*

La quantité de vapeur nécessaire au 1er corps peut être réduite appréciablement en faisant de l'auto-évaporation des eaux condensées, ainsi que nous allons le voir. Le calcul est basé sur le schéma de vapeur No. 2.

Ballon à 132°

143°/132° Différence 11°
Cha. Lat. Vap. 514

Retours d'eau :

1er corps : 26,200
Réchauff. jus clair : 6,000

Auto-évaporation : $32.200 \times 11 \times \frac{1}{516} = 700$ kg.

Nous compterons seulement 600 kg., puisque l'utilisation du système d'auto-évaporation conduira à une diminution de la vapeur nécessaire au 1er corps, donc des retours au ballon.

Ballon à 120°

132°/120° Différence 12°
Chal. Lat. Vap. 524

Retours d'eau :

Ballon à 132° (32.200-600) : 31.600
2e corps : 26.200

Auto-évaporation $= 57.800 \times 12 \times \frac{1}{526}$
$= 1.320$ kg.

Nous prendrons 1.200 kg comme estimation pratique, ce qui donne un gain total dû à l'auto-épavoration de :

Gain sur 3e corps = 1.200 x 1 effet = 1.200
,, ,, 2e ,, = 600 x 2 effets = 1.200

2.400 kg/h

à répartir sur 3 corps d'où un gain de vapeur nécessaire de

$\frac{2.400}{3} = 800$ kg/h

Vapeur nécessaire au 1er corps = 23.200-800 = 25.400 kg/h. (1)

Vapeur aux différents corps avec auto-évaporation :

1er corps :	25.400	= 25.400
2e ,, :	25.400 + 600	= 26.000
3e ,,	25.500 − 1.700 + 1.200	= 25.500
		76.900 kg/h

La consommation totale de la fabrication en V.E. est donc :

Réchauffeurs :	6.000 kg/h
Évaporation :	25.400 kg/h
Divers 10 % :	3.100 kg/h
	34.500

Il est à noter, à ce stade, que le réchauffage du jus clair ne peut être effectué en utilisant de la vapeur prélevée sur le 1er corps, même si on se contente de 125°, car ceci aurait pour effet de supprimer la marge de sécurité prévue sous forme de vapeur allant au condensateur, à moins que l'on ne puisse diminuer les prélèvements du 3e corps sans nuire à la consommation totale de vapeur.

La figure IV donne la solution de ce problème particulier en montrant l'économie réalisable en réchauffant le jus mélangé de 25° à 55° au moyen de l'eau de condensation du 2e ballon destinée aux services généraux et qui se trouve disponible à 120° sous une pression de 1 kg/cm^2

L'adoption de cette méthode nous amène à une consommation de 28.700 kg/h à l'évaporation, soit une consommation totale de 31.600 kg/h en prenant 10 % de sécurité.

Il s'agit maintenant de choisir des machines telles que leur consommation soit inférieure d'au moins 15%, afin que les fluctuations dans la demande puissent être compensées par une certaine quantité de vapeur détendue et qu'il n'y ait pas de perte d'échappement à l'atmosphère.

La consommation des machines doit donc s'élever à environ 27.000 kg/h et nous partirons de ce chiffre pour déterminer le choix des machines et de la haute pression.

Nous prendrons le cas d'une usine totalement électrifiée à l'exception des moulins commandés par turbines à vapeur individuelles, la puissance installée étant la suivante :

(a) Moulins : 5 turbines de 350 CV travaillant à ± 70 de charge

(b) Centrale : 1 groupe de 1.500 KW ou 2 de 800 KW ± 75% de charge.

Le choix du type de turbine devra naturellement être un compromis entre le coût de la machine et son rendement thermodynamique, mais nous accepterons ici qu'un rendement de 0,65 est souhaitable. Connaissant la quantité de vapeur disponible, un simple calcul fait en s'aidant du diagramme de Mollier amène rapidement à prévoir l'installation de chaudières travaillant à 30 kg/cm² et 400°.

Dans ces conditions, partant de bagasse ayant un P.C.I de 2.000 cal/kg et d'eau d'alimentation à 90°, nous pouvons espérer, par une marche suivie, atteindre un rendement de 80% avec des chaudières modernes bien étudiées.

Ceci donnerait une production de vapeur de $\frac{2.000 \times 0,8}{772-90} = 2,35$ kg/h de bagasse, nécessitant une consommation totale de $\frac{31.600}{2,35} = 13.500$ kg/h.

Si la sucrerie produit 25 de bagasse pour 100 de cannes broyées, nous arrivons à une économie de 25.000 — 13.500 soit 11.500 kg de bagasse heure.

Il ne nous appartient pas, à ce stade, de discuter les considérations économiques découlant de la possibilité d'obtenir un tel surplus de bagasse. Nous noterons seulement pour concrétiser les idées, que ce surplus d'environ 23.000 tonnes de bagasse par campagne pour une sucrerie de 100 t/h permettrait par exemple à cette même sucrerie, équipée d'un turbo à condensation, de subvenir à l'équivalent de tous les besoins actuels d'énergie électrique de l'Ile Maurice pendant 55 jours. Alternativement, ce surplus représente 15,000,000 pd² de *hardboard* de ½" d'épaisseur.

BIBLIOGRAPHIE

Mc. ADAMS — Heat transmission
KERN — Process heat transfer
O. LYLE — The efficient use of steam
E. HUGOT — La sucrerie de cannes.

INTERCONNECTION TO CENTRAL ELECTRICITY BOARD 22 KV NETWORK OF SELECTED SUGAR FACTORIES

by

ROLAND DESMARAIS

Electrical Engineer,

Mauritius Trading Co. Ltd.

---

1 — Introduction.

2 — Geographical position of selected factories with respect to the Central Electricity Board 22 KV network.

(a) St. Antoine S. E.

(b) Flacq United Estates Ltd.

(c) Savannah — Savinia S. E.

(d) Riche-en-Eau S. E.

(e) Médine S. E.

3 — Electrical equipment of factories and Central Electricity Board outdoor substations.

4 — Operational conditions.

5 — Conclusions and recommendations.

---

1 — Introduction.

Before discussing the export of energy from sugar factories in Mauritius to the grid of the Central Electricity Board, it would be appropriate to give first a few notes on the equipment each of the above factories disposed of just prior to their operation in parallel with the 22 KV network of the Central Electricity Board and subsequent additions.

2 — Geographical position of selected factories with respect to the Central Electricity Board 22 KV network.

The geographical position of the above factories and that part of the Central Electricity Board 22 KV network to which they are tied are shown on the map (fig. 1.).

MAP OF MAURITIUS
FACTORIES EXPORTING TO 22 K.V. GRID
HYDRO STATION
THERMAL STATION
SUB STATION
GRAND BAY
Saint Antoine
Belle Vue Harel
Labourdonnais
Solitude
Beau Plan
Mon Loisir
The Mount
POSTE de FLACQ
PORT-LOUIS
Constance
Saint Louis
Mon Desert Alma
Union Flacq
Rose Hill
Reduit
Medine
La Ferme
Vacoas
Highlands
Beau Champ
Reunion
Le Val
Curepipe
Henrietta
Ferney
Tamarind Falls
Riche en Eau
Rose Belle
MAHEBOURG
Bois Cheri
Britannia
Mon Desert Mon Tresor
Savinia
LE MORNE
Bel Ombre
Saint Felix
Benares
SOUILLAC

Fig. 1.

These factories are ideally situated as far as load centres are concerned.

St. Antoine feeding into that part of the 22 KV network, supplying the northern reticulation, FUEL into the central area. Riche-en-Eau and Savinia into the southern sector, Médine into the western sector, high tension line losses are reduced to a minimum during crop-season spreading from July to about mid-December as these factories feed almost direct into the load centres.

3 – Electrical equipment of factories and Central Electricity Board outdoor substations.

(a) *St. Antoine.* In 1956 the factory for its internal power requirements had the following alternator sets all delivering power at 3 phase 400 volts 50 cycles.

(1) One 256 KW Skoda turbo set operating with steam at 120 psig, and 214°C. at the inlet stop valve with about 50°C, superheat and with a back pressure of 15 psig.

(2) One 250 KW.AEG alternator initially wound for 6600 volts and purchased from the General Electric Supply Co. Ltd. and rewound for 400 volts by Messrs. Rey Lenferna Ltd. This was directly coupled to a twin cylinder Ashworth and Parker steam engine operating with steam at 100 psig, and back pressure 15 at psig. These two groups operated satisfactorily in parallel. In 1957 a new AEG turbo alternator set of 1530 KVA, at 0.8 power factor and running at 1500 r.p.m. was erected steam conditions being 280 psig. at 274°C, at inlet stop valve giving 60°C, superheat with back pressure at 15 psig.

The set is equipped with back pressure governing gear should it be found advantageous in due course to bring same into operation. The alternator has its main exciter from a pilot exciter. The reason for this is that in sugar factories having electrically driven centrifugals unsatisfactory operation may be experienced due to the heavy current surges when starting the centrifugals or when they are on the regenerative cycle. The exciter of an alternator may either lose its voltage or change polarity under the above conditions or due to short circuits on the system. This effect is due to sympathetic impulses of induced currents passing from the stator of the alternator, with every charge of current, to the excitation system, the effect being more pronounced at light loads when excitation voltage is low and the iron in the exciter field system is unsaturated. This instability of exciter voltage is due in a shunt machine to the fact that the field coils depend for their current upon whatever voltage is available at any instant on the commutator. The pilot exciter runs with a saturated circuit at constant voltage. In the present machine the pilot exciter operates at 230 volts and the output of the main exciter is at 28 volts.

The general manager and owner, Mr. Marcel de Nanclas, contracted with the Central Electricity Board for export of power from the factory for the first time in 1957 being the first and only factory on the island at that time to

embark on export of power. For this purpose the Central Electricity Board erected initially an outdoor substation with a 500 KVA, transformer having ratio of 400/22,000 volts. This unit having windings connected in delta on the high voltage side and star on the low voltage side. In fact this transformer was an import unit but was used as an export unit and as no neutral was available on the high voltage side 3 single phase potential transformers with ratios 22000/110 volts were each connected between the phases on the high voltage system and the secondaries at 110 volts connected in open-delta and connected to an alarm system which operated when an earthfault on the 22 KV system developped causing a bell to operate and lighting a red indication lamp. If the alarm operated for more than a few seconds the operator opened the factory-oil circuit breaker on the L. T. side of the 500 KVA transformer. The H. T. side was only fuse protected. Power was therefore initially exported from the Skoda 256 KW alternator set for the whole crushing seasons of 1957 and 1958. In Table I will be seen the units exported over this period. Appropriate switchgear and control panels for import and export of power were only installed for the crop of 1959 together with the erection of the second 1530 KVA.AEG set.

The outdoor substation was enlarged and fitted finally with a 1500 KVA on load tap changing English Electric transformer ratio 22000/400 volts range of taps + 7½% to — 9%. The tap changing being effected by remote control from the factory switchboard.

The high tension side of the transformer is controlled by a minioil type HKCYB 25 KVA.ASEA circuit breaker having a rupturing capacity of 400 MVA. The breaker is motor operated for rewinding the closing spring and can be actuated by remote control.

A 250 KVA Bonar Long transformer was substituted for the initial 500 KVA, the ratio being 22000/400 volts with hand operated taps of ± 5% and ± 2½%. The transformer is now used only for import purposes. Metering consists of a KWH meter and a KVA maximum demand indicator.

The 1500 KVA is linked to the factory bus-bars through the AEG export control panel circuit breaker having a short circuit breaking capacity of 30 KVA at 400 volts, by ten 1.0 sq. in. unarmoured single-core lead covered cables in trefoil formation per each phase and one for the neutral. The reason for using unarmoured cables being that steel armouring would heat up due to currents that would be induced in the steel armouring by the alternating concentric magnetic field produced by the main conductor current.

The 250 KVA unit is linked also to the factory bus-bars through the import control panel circuit breaker by a 4 core 0.25 sq. in. lead covered armoured cable.

The supervisory cables of the 1500 KVA transformer for temperature and Bucholz alarms and tap-changer operations is a 19 core lead covered cable, each core being paper insulated.

The two supervisory cables for the ASEA minioil circuit breaker have each 13 and 5 cores both having P. V. C. insulated cores, wire-armoured and neoprene-sheathed.

Main single-core power cables for the 1500 KVA transformer are run in the same cable trench as all the supervisory cables and the 250 KVA four-core cables.

The single-core cables are laid in triangular trefoil formation spaced 18 inches apart. This has been done to obtain the best balanced magnetic field as possible, thereby keeping the impedance of each phase as near equal as possible. The cable lead sheath is single paper insulated, hessian covered and compounded. All the lead sheaths at both ends are bonded together and earthed to prevent voltage build-up.

The cables terminate in the cable boxes through non-magnetic glands.

(b) *Flacq United Estates Ltd.* When in 1957 the management decided after the first successful exchange of power with St. Antoine, to negotiate with the C. E. B. the generating plant available at the factory was :-

Two 1500 KW - 1500 r.p.m. 0.8 power factor Breguet sets operating with steam conditions at 365 psig, and 325°C superheat, back pressure being 15 psig, electrical output being at 3 phase, 4 wire, 400 volts, 50 cycles.

When negotiations were completed the C. E. B. decided to erect on the estate property as near as possible to their turbo house an outdoor substation comprising the following equipment :-

Two 2500 KVA English Electric on load tap-changing transformers ratio 22000/6600 volts, tap-range + 9% and — 12% controlled by a minioil ASEA circuit breaker type HRCYB having a rupturing capacity of 400 MVA. These breakers are identical with those at St. Antoine and are similarly operated.

For import of power a 250 KVA transformer identical to that at St. Antoine is installed in the same transformer yard and in line with the 2500 KVA units.

Though the transforming station is erected on FUEL property it will remain as the main substation in the northern part of the island. Incoming and outgoing 22 KV trunk lines can be seen on the island map fig. 1.

The 6600 volts supply from the two 2500 KVA transformers is brought to the factory 6.6 KV Brush switchgear by two 3 core 0.06 sq. in. paper insulated lead covered armoured underground cables. Import from the 250 KVA transformer to the L. T. control panel is partly by overhead conductors and partly by 4 core 0.25 sq. in. armoured cable.

The estate installed a 1500 KVA - 6600/400 volts transformer to link

the incoming 6.6 KV supply to the L. T. bus-bars fed from the two 1500 KV Breguet turbo alternator groups. In the switchgear were incorporated a complete control cubicle for the future Brush 4000 KW turbo alternator group due for erection in 1959. The factory L. T. stand-by supply is provided by two Mirrlees diesel types J_3 and J6 each of 150 and 250 KW respectively feeding into separate L. T. bus-bars linked to the main factory L. T. bus-bars and supplying lighting and power requirements both inside and outside the factory for staff, artisan camps and workshops.

Interconnections were so arranged that L. T. supply for factory requirements could be obtained finally up to the capacity of the 1500 KVA 6600/400 volts from the future 4000 KW Brush alternator either in autonomy or whilst exporting to the C.B.E. grid. During 1958 the main L. T. bus-bars, to which are connected the two Breguet 1500 KW alternators, were sectionalised. That part of the factory constant load being apportioned to one 1500 KW. machine which worked in parallel satisfactorily with the C. E. B. grid through the 1500 KVA 400/6600 volts transformer linked to one of the C.E.B. 2500 KVA 6600/22000 volts export transformers via the factory Brush 6.6 KV switchgear which was normally intended for controlling the 4000 KW future turbo set.

The remaining fluctuating load comprising mainly centrifugals was connected to the second 1500 KV Breguet group.

In 1959 the 4000 KV - 1500 r.p.m. Brush turbo set operating with the same steam conditions as the Breguet groups was satisfactorily commissioned, all electrical interconnections being normalised, and parallel operation with the C.E.B. grid proved very satisfactory; this set has facilities for back-pressure governing.

(c) *Savannah - Savinia S. E.* In 1958 this factory was equipped with two 300 KV Crompton Parkinson alternator sets driven by two Ashworth and Parker steam engines running at 375 r.p.m., steam conditions being 100 psig, saturated, at the inlet valve and a backpressure of 10 psig.

In view of proposed substantial additions to the factory electrical load two 1500 r.p.m. Brush turbo sets were erected in 1959, steam conditions being 225 psig saturated at inlet stop valves and 10 psig pressure.

For import and export requirements the C.E.B. erected next to the factory an outdoor substation similar to the one at St. Antoine, namely :- One 250 KVA and one 1500 KVA respectively — connection with the factory L.T. bus-bars being by a 4 - core 0.25 sq. in. lead covered single core cable and ten 1.0 sq. in. lead covered single core cables respectively. The single core cables were laid in trefoil formation as at St. Antoine for reasons already stated.

(d) *Riche-en-Eau S. E.* This factory started exporting on the 14th of January 1959 from its small 220 KW — 750 r. p. m. hydro plant situated near the factory via the Central Electricity Board outdoor substation initially fitted with a 250 KVA. 22000/400 volts transformer, delta connected on the high tension side and star on the low tension side. The unit is protected on the H.T. side by liquid type high rupturing capacity fuse.

In the same year due to increased electrical load, a 1505 KV 0.7 power factor 1000 r. p.m. turbo was erected operating with steam at 230 psig and 330°C at the inlet valve and 7 psig back pressure.

The level of export was fixed at 300 KV by the C.E.B. and the factory export air-circuit breaker arranged for tripping off at that level. This limitation caused some operational inconvenience. For example, if the centrifugal loading suddenly dropped by 150 KW, there was simply a load transfer to the C.E.B. grid without significant change in the total loading on the factory alternator group with consequent tripping of export circuit breaker and immediate operation of the steam turbine regulating device. Should export have been fixed at a higher level the factory load fluctuations would have translated themselves into export fluctuations without tripping provided the circuit-breaker setting was higher than export predetermined level and also that sufficient transforming capacity was available.

(e) *Médine S. E.* In 1959 this factory installled two 1500 KW - 1500 r. p. m. 0.8 power factor Brush alternator groups with operating steam conditions of 140 psig and 275° C. total heat at the inlet stop-valve and 15 psig back pressure. The export was via two 500 KVA 22000/400 volts delta-star transformers having hand controlled taps at $\pm$ 2½% and $\pm$ 5% installed by the C.E.B. The outdoor substation initially erected for import only was subsequently used for export during the whole of the 1959 crop due to a shortage of water for the C.E.B. hydro-electric plants. Metering was effected on the high tension side due to the fact that no import export control equipment was, as yet, installed on the factory side.

Operational conditions

No physical operation of isolators or circuit breakers controlling either import or export of the power can be effected without first operational staff obtaining authority from the Central Electricity Board system control situated at their headquarters in Curepipe. The system control is manned throughout the twenty-four hours. All operational directives to the switchboard attendants of all C.E.B. power stations and substations as well as to sugar factories and other private generating plants emanate from the System Control Supervisor who is solely responsible for coordinating the amount connected at any time to the C.E.B. network. Daily records of kilowatts and kilowatt hours exported or imported are kept as well as written operational instructions. It is only in this manner that smooth and efficient operation of the gradually ncreasing intricate island wide generating and distribution systems can be achieved.

Export of power from any generating station must be carried under the best electrical conditions so that the alternators will operate with the optimum power factor and voltage conditions for any given load. Power level of the alternator is effected solely by actuating the governor of the machine either directly or by remote control.

TABLE I

Factory	1957		1958		1959	
	MkWH	MW	MkWH	MW	MkWH	MW
St. Antoine	.279	.23	.079	.25	.59	.80
F. U. E. L.			2.050	1.30	4.59	3.00
Savinia					2.64	1.35
Riche-en-Eau					.574	.30
Medine					1.00	.70

MkWH = Megakilowatt/hour
MW = Megawatt (1000) KW

Power factor level is effected either by hand control of the alternator voltage hence excitation of the field system. Alternatively by automatic voltage regulators having appropriate compound control with both voltage and current coils so that an increase in lagging current taken by the alternator will tend to reduce its excitation and hence dropping of reactive load. The reverse effect will be produced with a reduction of lagging current. The power factor of the machine will therefore tend to maintain itself at a predetermined level.

Reactive current can be divided into two distinct groups :-

(1) Reactive current which is a function of voltage and independent of load current typical cases being :-

(a) Transformer magnetising lagging reactive current.

(b) Transmission lines and underground cables leading reactive charging currents.

(2) Reactive current which is a function of load current typical cases being :-

(a) Inductances of transformers, reactors, induction motors.

(b) Transmission lines, underground cables.

In any exchange of power it is of prime importance to determine the direction of flow of power with respect to that of reactive current. The level of power is controlled by the angular phase displacement between the bus-bar voltage vectors of the two stations operating in parallel and the reactive current whether leading or lagging by the difference in magnitude of the station voltages.

Suppose that the sugar factory F.U.E.L. is exporting on the C.E.B. 22 KV grid. If the system control engineer wants more KW from F.U.E.L., the switchboard attendant will be requested to admit more steam to his machine by actuating the governor setting. If the excitation is unchanged, the power factor will tend to increase. In other words, for the increased load required the increase in excitation required is drawn from the C.E.B. grid system. The

control supervisor bring aware of this fact will request the switchboard attendant to increase the excitation of his machine to restore power factor to the required level.

If the voltage level at F. U. E. L. is higher than that at some distant generating station of the C. E. B., both power and reactive current will flow in the same direction. However, if the voltage vector at F. U. E. L. is made to advance by admitting more steam to the machine active power will be exported but reactive current will be imported hence the power factor will become more leading.

Now, if the voltage on the H. T. side is raised by increasing the transformer ratio by means of the on-load tap-changing gear, the demand of reactive current will be increased. If this increase is to be corrected a similar increase of voltage at the other end of the transmission line must be effected by raising the H. T. voltage. Therefore, it can be seen that voltage level of the system can be raised or lowered at will without affecting the sharing of reactive current.

It is most economical to transmit active power only, the reactive demand being met by generation of reactive current as close to the load centre as possible. This will result in reduced transmission losses and therefore release generation, transmission and transformer capacity.

5 — Conclusions and recommendations

Assuming that the possible net saving of bagasse island wide is 10% and that the average yield of bagasse per ton cane is 23%, then with a production of 5 metric megatons of cane the available bagasse for electricity production would be 115,000 metric tons which, at a L. C. V. of 3960 B. T. U. and an overall thermal efficiency of 10%, would produce annually 30 MegaKWH. If the overall thermal efficiency could be raised to say 20% by installing higher pressure boilers with a high level of superheat, for example 600 psig and 850°F and expanding that steam in pass-out condensing turbines, the production available for export would be raised to 60 MegaKWH.

Bled steam would be at say 20 psig, for use in pre-evaporators. Steam consumption per KWH of a 5 Megawatt turbo-alternator set operating with the above steam conditions would be of the order of 12 lbs/KWH.

Power for factory requirements normally drawn from the back-pressure units could be switched over to the condensing unit in order to use the stored bagasse fuel economically during delayed stoppages. One ton of bagasse would produce 600 KWH with the latter steam conditions and operation as against 300 KWH for the low pressure backpressure units.

To reduce maintenance costs of the turbo sets it would be recommendable to have the close-circuit type cooling using a heat exchanger. In this manner no foreign matter will accumulate on the alternator windings.

To sum up, sugar factories exporting on the C.E.B. grid system operate as base-load stations and consequently with high thermal efficiency as a result of a steady load of high load factor, hence the justification for the high efficiency plants installed.

L'INFLUENCE DE L'EFFICIENCE DE LA FILTRATION SUR LA CLARIFICATION

par

J. Paul HOAREAU

Chimiste, Sucrerie de Riche-en-Eau

Le but à atteindre en toute clarification est de débarrasser le jus de la plus grande quantité possible de ses non-sucres éliminables, condition importante au point de vue récupération et, *a fortiori,* pour l'obtention d'un sucre de bonne qualité. Comme bien des sucreries, celle de Riche-en-Eau éprouva en 1959 de nombreuses difficultés au poste de clarification et une fabrication difficile en résulta naturellement. Il était donc impérieux d'étudier les moyens à mettre en œuvre pour tâcher de remédier à cette situation.

A l'exclusion des causes indirectes possibles, un examen détaillé des divers aspects des facteurs indispensables au bon fonctionnement de nos décanteurs fut entrepris. Des expériences portèrent sur des facteurs reconnus d'importance : réchauffage, chaulage, addition de séparan, etc.

Le réchauffage et le chaulage, conduits à l'aide d'instruments automatiques et enregistreurs, ne laissaient soupçonner aucune anomalie. Cependant des améliorations furent recherchées dans une élévation ou diminution de la température. On expérimenta des changements de pH au jus chaulé. La teneur en fine bagasse des jus après tamisage, entrave possible en décantation, fut déterminée simultanément.

On apporta ensuite certains changements jugés appropriés au *flash tank.* En dernier lieu l'action du séparan employé comme additif pour une meilleure précipitation fut soigneusement suivie. Nous pensons qu'il serait trop long de nous étendre sur les détails des multiples recherches entreprises pour résoudre nos difficultés.

En fait, malgré les efforts accomplis, tous les essais se révélèrent infructueux ; ce qui nous incita très heureusement à diriger nos activités vers la station de filtration. Il s'agissait de déterminer si la qualité des filtrats retournés en amont des clarificateurs n'avait pas une influence quelconque sur le rendement de ces appareils. Cela nous conduisit aux facteurs qui ont démontré toute leur utilité et dont je compte faire état.

Les premières observations et analyses faites sur les filtrats provenant du filtre continu Oliver ne tardèrent pas à démontrer une faible efficience à la filtration. Un nouveau programme d'essais fut établi en nous référant à d'utiles renseignements basés sur les travaux de Foster en Australie (1954).

Le tableau I illustre clairement les mauvais résultats obtenus et confirme les observations visuelles qui avaient indiqué dès le début une

élimination insatisfaisante des impuretés. Des échantillons du filtrat trouble gardés un temps considérable en laboratoire ne laissaient voir aucune décantation. Ces filtrats maintenaient manifestement en circulation une très grande proportion des matières insolubles. On pouvait dès l'instant établir que notre poste de décantation subissait une surcharge considérable. Les fines particules non retenues en filtration surnageaient et passaient en quantité alarmante en fabrication.

TABLEAU I

Essais	Pureté jus déféqué	Pureté filtrat clair	Pureté filtrat trouble	Temps de décantation pour volume filtrat trouble	Pol. % tourteaux
				hrs	
1	85.6	74.7	70.1	6	3.15
2	85.0	71.4	66.2	5	3.25
3	86.1	79.0	72.3	8	2.88
4	85.9	75.2	74.1	7	3.10
5	85.8	76.0	77.2	9	4.60
Moyennes	85.6	75.2	71.9	7	3.39

A ce stade nous définirons le rendement à la filtration ou *Taux de Rétention* comme suit :

$$\frac{\text{Matières insolubles retenues par le filtre}}{\text{Matières insolubles dans les boues}} \times 100$$

D'après certaines données recueillies et expérimentées, les facteurs qui influent le plus sur ce rendement sont :

1. La concentration en résidus insolubles des boues du clarificateur.
2. La quantité (en poids) de fine bagasse ajoutée à ces boues exprimée comme :

$$\frac{\text{bagasse}}{\text{résidus insolubles}} \times 100$$

3. La qualité physique de cette bagasse ou encore son état de division en fines fractions par tamisage ou autre séparation.

Il est généralemeut accepté qu'un rendement de 80% constitue un minimum au-dessous duquel il serait dangereux de tomber.

En relation avec cette hypothèse des analyses furent entreprises et révélèrent un rendement de seulement 55-60% dans notre cas ; il était clair qu'un retour de 40-50% d'impuretés en plus des quantités reconnues normales s'effectuait continuellement vers les clarificateurs.

Si l'on devait éviter une détérioration grandissante à la clarification, il convenait donc de trouver et d'appliquer sans plus tarder les remèdes que nécessitait l'importance du mal.

A titre indicatif nous donnons un graphique (fig. 1) sur la relation entre le taux de rétention et la quantité des résidus insolubles en circulation exprimée en pourcentage des matières insolubles dans le jus.

On remarquera qu'à 80% de rétention, le pourcentage des résidus est de 125, mais qu'il passe à 187 pour une rétention de 55%, ce qui représente une augmentation de 50% pour une baisse de rendement de 25%.

Le pourcentage des résidus insolubles peut se déterminer de deux façons :

1. Par simple filtration d'une quantité connue des boues, avec lavage répété et séchage.

2. Détermination des matières sèches totales et soustraction des matières solubles totales, ces résidus solubles étant calculés à partir de la polarisation et de la pureté du filtrat.

Si M.S. = Matières sèches %
p = Pol %
et P = Pureté du jus

on obtient Résidus insolubles = $M.S. - \frac{100\ p}{P}$

C'est la méthode que nous avons employée.

Les chiffres obtenus sont donnés dans le tableau II

TABLEAU II

Essais	% Residus insolubles	Pureté filtrat trouble	Pol % tourteaux	Rétention %
1	13.7	70.8	3.20	60
2	14.1	66.5	4.50	
3	12.0	72.2	3.90	57
4	11.7	74.5	2.88	
Moyennes	12.8	71.0	3.62	58.5

Ces chiffres permettent de constater une très forte concentration de matières insolubles, une faible pureté du filtrat trouble et un mauvais désucrage des tourteaux.

D'après les expériences faites une concentration optimale de 5.5-6% de résidus insolubles devrait permettre un rendement de 80-85%, la relation bagasse-matières insolubles étant maintenue à une valeur d'environ 60%. Tout en réduisant la dilution du filtrat propre un lavage efficace du tourteau devint possible, ce qui signalait en même temps une conduite bien comprise des appareils.

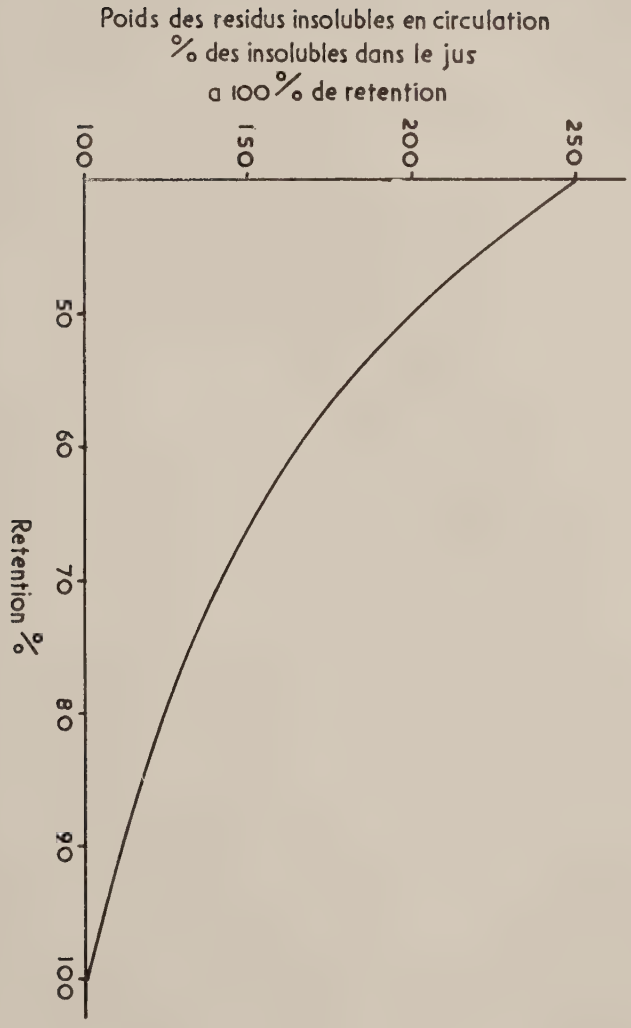

Poids des residus insolubles en circulation
% des insolubles dans le jus
a 100 % de retention
100
150
200
250
50
60
70
80
90
100
Retention %

Fig. 1.

Ce qu'il ne faut surtout pas c'est de permettre une concentration inférieure à 4% , car il faudrait augmenter considérablement la quantité de folle bagasse sans pour cela obtenir une bonne efficience. D'autre part une telle augmentation veut dire quantité plus forte de tourteaux pour une même valeur de résidus en circulation et, finalement, un plus fort retour de filtrats (en volume) au clarificateur.

Le tableau III confirme les arguments ci-dessus.

TABLEAU III

Essais	Résidus insolubles %	Taux de rétention	Folle bagasse % résidus insolubes
1	8.8	87	50 — 60
1	6.9	88	
	5.1	80	
2	4.0	69	95
	3.3	66	

L'obtention des boues à cette concentration (5.5-6.0) fut dès lors l'objet de nos efforts et les résultats d'essais effectués peu après montrèrent des signes très marqués d'amélioration de nos conditions de travail, ainsi que l'indique le tableau IV.

TABLEAU IV

Essais	Résidus insolubles % des boues	Résidus insolubles % filtrats	Rétention %	Puretés filtrats		Pureté jus déféqué	Pol. % tourteaux
				clair	trouble		
1	6.2	0.93	85	84.1	81.2	86.0	0.60
2	5.9	0.63	86	82.9	80.8	85.4	0.90
3	5.2	0.80	84	82.8	82.9	85.0	0.52
Moyennes	5.8	0.78	85	83.2	81.6	85.5	0.67

Ce premier résultat étant acquis on passa subséquemment à des essais ayant trait aux causes directes affectant un facteur non moins important au bon fonctionnement d'un appareil à filtrer sous vide: l'appoint de fine bagasse.

On détermina d'abord le poids de folle bagasse susceptible d'être récupéré par les tamis prévus à cette fin, en pesant la quantité arrivant

au mélangeur dans un temps donné. Le chiffre moyen de 2 kg710 tonne cannes/heure obtenu avec un tamis de 15 pieds carrés était en deça de nos prévisions déjà pessimistes et indiqua tout de suite une amélioration possible. D'après les expériences acquises la quantité requise pour des conditions courantes, et se rattachant assez étroitement à des teneurs considérées normales en résidus insolubles, est de l'ordre de 5 kg/tonne cannes/ heure.

L'installation demeurait sujette à des modifications ; elles furent apportées aux tamis pour obtenir une surface de 45.5 pieds carrés, ce qui donna d'ailleurs un débit moyen de 5 kg 500 t.c.h. et on remarqua qu'un net changement se dessinait à la filtration. Une étroite liaison entre la mauvaise efficience du filtrage et nos ennuis en défécation pouvait ainsi être définitivement affirmée.

Après la réalisation du second des impératifs de notre programme d'action, la dernière étape de nos recherches porta sur l'obtention d'une fine bagasse présentant les qualités désirables pour remplir efficacement son rôle. On avait largement amélioré la quantité, il convenait parallèlement de déterminer la qualité ; l'une ne pouvait être dissociée de l'autre si l'on se proposait d'atteindre les conditions optima. Une qualité défectueuse aurait bien vite fait de détruire le gain observé par le poids rendu adéquat.

Des échantillons très représentatifs de fine bagasse produite par les tamis furent passés dans un jeu de tamis Tyler et le poids retenu par chacun fut déterminé.

Les résultats de ces essais donnés dans le tableau V indiquent une proportion élevée de particules moyennes (non désirées) et une quantité insuffisante de fractions fines que nous recherchions.

TABLEAU V

Ouverture tamis	% retenu	Tamis Tyler équivalent
5 mm	2.5	
3 mm	14.8	
2 mm	18.5	9
1 mm	18.5	16
0,5 mm	7.5	32
Fraction traversant	13.7	

La proportion des fractions les plus efficientes était donc nettement inférieure, puisqu'il est généralement admis que le pourcentage du poids total passant à travers un tamis à mailles de 0,7 — 0,8 mm devrait être de l'ordre de 70. La raison de cette mauvaise séparation semblait être

l'emplacement du tamis qui était sur un conducteur à bagasse auxiliaire. Celui-ci ne transportait qu'une partie de la bagasse totale, la portion traitée devait avoir perdu une large quantité de ses fractions les plus divisées grâce à une première distribution. Conséquemment les tamis furent déplacés et installés sur le conducteur principal, ce qui permit d'obtenir une folle bagasse ayant les caractéristiques indiquées au tableau VI.

TABLEAU VI

Proportion des différentes fractions obtenues en pratique.

Ouverture tamis	Tamis Tyler équivalent	% Fractions retenues
5 mm	—	0.00
3 mm	—	1.00
2 mm	9	10.00
1 mm	16	44.00
5 mm	32	23.00
Fraction traversant	—	22.00

L'amélioration constatée fut confirmée par une analyse faite par le Mauritius Sugar Industry Research Institute. Les résultats obtenus sont donnés au tableau VII et sont comparés à ceux reconnus comme très bons au Queensland.

TABLEAU VII

Tamis Tyler et équivalent	% des fractions	% considéré comme très bon au Queensland
14 (1.17 mm)	13.9	4.0
22 (0.77 mm)	25.0	22.0
44 (0.33 mm)	43.7	46.0
Fraction traversant	17.4	28.0

L'on peut déduire qu'une bonne efficience de séparation avait été atteinte avec les changements effectués.

En pratique pour obtenir une telle performance avec les tamis généralement employés à Maurice nous ferons les recommandations suivantes, destinées à remédier au fait que ces tamis s'obstruent assez facilement et qu'une partie seulement de la bagasse traitée est effectivement tamisée, d'où indice souvent faible d'efficience :

(a) Prévoir une surface de tamisage libéralement calculée.

(b) Utilisation de tamis de 8 fils au pouce.

(c) Renforcer ces tamis par une toile de soutien à très larges mailles et par des traverses rigides assez rapprochées.

(d) Nettoyer souvent et systématiquement les tamis.

Pour obvier à ces inconvénients, nous pensons qu'on aurait intérêt à utiliser le système pneumatique de séparation connu et expérimenté dans certains pays, système qui n'offre que des avantages, notamment :

1. Suppression des tamis et efficience constante.
2. Traitement de la quantité totale des fractions intéressantes.
3. Contrôle à volonté du débit.
4. Obtention d'une proportion élevée de fine bagasse.
5. Installation simple et peu coûteuse

En dernier lieu nous mentionnerons brièvement certains autres facteurs moins importants déterminant la bonne opération d'une station de filtration avec filtre rotatif. Ceux qui retinrent notre attention furent :

(a) Vitesse de rotation.

A 100 T. C H. une vitesse de 18-20 tonnes/heure permettait de maintenir les boues à un niveau très bas aux décanteurs avec un filtre de 8' x 15'. Le filtrat propre était très clair et aucun changement dans la proportion du filtrat trouble ne fut remarqué en diminuant le temps de formation de la première couche de tourteau. Cette vitesse semblait aussi offrir des conditions optima pour une extraction lente et régulière des boues. L'appoint en folle bagasse satisfaisait amplement les besoins du mélange qui gardait une consistence quasi uniforme.

(b) Epaisseur de la couche de tourteau.

A la vitesse mentionnée ci-dessus une épaisseur d'à peu près 3/8" fut obtenue. Cette couche mince permettait un lavage très effectif et un excellent désucrage.

(c) Le vide.

Un vide de 6"-7" et de 12"-14" dans les secteurs de formation et de lavage du tourteau donna de très bons résultats qui ne furent jamais améliorés par application de vides plus poussés. On pouvait noter un parfait séchage des tourteaux.

(d) Traitement des boues avant filtration.

Contrairement à certaines opinions autorisées et aux résultats

obtenus dans quelques sucreries, l'addition de lait de chaux aux boues eut à Riche-en-Eau l'effet d'améliorer considérablement la limpidité des filtrats ainsi que leur pureté. De plus, les tourteaux provenant des boues traitées avaient une apparence beaucoup plus dense et se détachaient du tambour avec une grande facilité Il serait bon de mentionner que nous n'avons remarqué à aucun moment la moindre obturation des toiles. Le chaulage des boues étant pratiqué dans un bac d'attente, le pH est maintenu à environ 8,5.

L'objet de la présente communication, basée principalement sur la compilation de résultats pratiques, était de signaler les quelques méthodes utilisées pour faire face à certaines difficultés rencontrées en clarification et comment elles pouvaient se trouver aplanies. Après cet aperçu général de nos recherches nous dirons que lorsqu'il nous fut possible de détecter les causes du mauvais rendement de notre station de filtration et de procéder à leur élimination définitive, le problème aigu de notre clarification était solutionné.

Assurément un rétablissement heureux s'était effectué : notre taux de rétention se maintenait autour de 85% (dépassant ce chiffre bien souvent) et conformément une croissante amélioration des jus déféqués devint évidente.

Un gain d'efficience ainsi réalisé demande une attention soutenue. Nous prendrons donc la liberté de recommander que certaines déterminations décrites ici passent autant que possible dans le travail de routine des laboratoires de sucrerie.

Je voudrais terminer en faisant ressortir que l'initiative des travaux accomplis revient largement à MM. S. Dupont de Rivaltz de Saint Antoine et P. Couve. Il y eut ensuite une étroite collaboration entre nous, ce qui me permit de vous présenter cet exposé. Je leur témoigne donc ma reconnaissance. Nous tenons aussi à remercier la branche de Technologie sucrière du Mauritius Sugar Industry Research Institute pour ses précieux conseils.

BIBLIOGRAPHIE

FOSTER, D. H. (1954). — Rotary filter operation. *Proc. 21st Conf. Q. S. S. C. T.*

HOW TO GET THE MOST OUT OF EVERYDAY ELECTRIC ARC WELDING

by

ANDRÉ DUVAL

Assistant Factory Manager, Mon Désert — Mon Trésor S. E.

Undoubtedly welding has greatly contributed to accelerate the development that has taken place in the rehabilitation of our sugar factories during the last ten years. In fact, rapidity, economy, strength are but a few of the numerous advantages in favour of welding.

Welding is now extensively used for the erection and repairs of factory buildings, machinery, as well as for agricultural implements. It is therefore an important item in the budget of sugar estates and needs more attention than may generally be thought. The object of this paper is to further familiarize the supervisors of the sugar industry with welding procedures and principles, so that the best work may be obtained with maximum efficiency and economy.

Many welding processes are known, namely : electric arc welding, induction welding, thermit welding, resistance welding, gas welding, forge welding, flow welding and brazing, but only the one that is most commonly practised here will be reviewed : and this is electric arc welding.

Electric arc welding

The principle of electric arc welding is as follows : an electric current of low voltage is passed through a rod — the electrode — of about the same composition as the material to be welded. Owing to the difference in potential an electric arc is formed and maintained in the short space between the end of the electrode and the material being welded, the temperature reaching 6000°F approximately. There is then a progressive melting and fusing together of the end of the rod and of the material in the region of high temperature. As the rod is gradually moved along, the molten metal cools down and hardens up into a bulge, which forms the metal binding, commonly known as a pass (Fig. 1).

For welding, either direct or alternating current may be used. There are two types of current generators : the rotating type and the transformer type. The latter is used only where there is an alternating current source available and is hence more convenient for workshops. For field work (on-the-spot repairing of agricultural implements) portability of the welding set is important, and the rotating type, driven by a diesel or gasoline engine is more convenient.

The external circuit is made up of two conductors : the welding lead, to one end of which is attached the electrode holder, and the ground lead. However, any metallic structure may be used as ground lead, provided it is of adequate size and is completely electrically connected to the generator. When

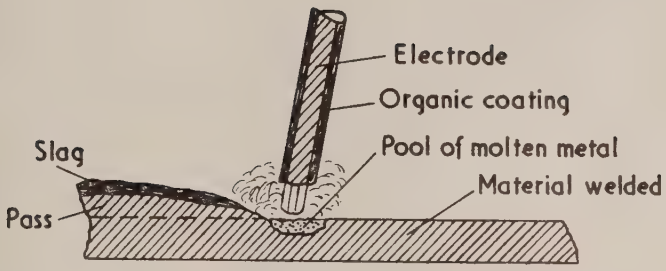


Fig. 1. Sectional view showing the formation of the pass on a metal plate.

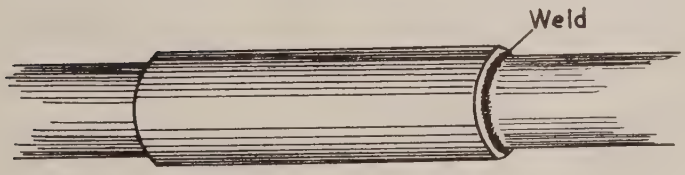


Fig. 2. Welding along the edge of a socket.

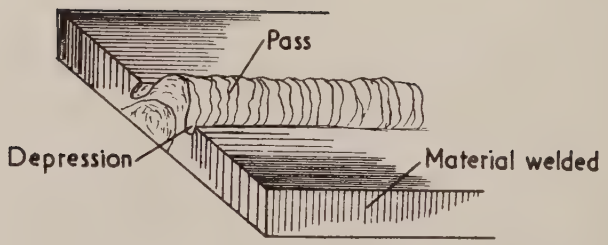


Fig. 3. Occurrence of undercut along the pass.

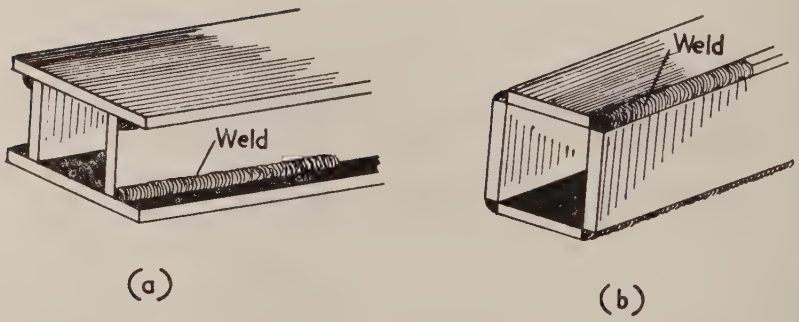


Fig. 4. Welding a hollow beam.

such a condition is not observed, the quality of the weld is poor, and also to obtain the required current at the electrode, a much higher current has to be generated, causing unnecessary effort on the generator.

The electrode is made up of a metal rod, covered with an organic coating. Molten metal left exposed to the oxygen of the atmosphere may rapidly oxidize. And so the purpose of the coating is to exclude atmospheric gases from the metallic fusion and hence reduce oxidation. The manufacturer uses various kinds of alloys that will suit best the type of material welded, and makes the rod of various sizes. The thicker the material to be welded, the larger the rod diameter has to be. Rods of larger diameter require greater welding current. The manufacturer usually specifies what current is required for each size of rod, but this is best found from experience.

Using the right size of electrode according to the type of work is very important from the economical point of view. In welding a fairly heavy piece of material, suppose that only one pass is necessary for a 3/16" diameter electrode. If, instead, a 1/8" diameter electrode is used for the same work, to obtain a weld of the same strength two or even three passes would be required, and the consumption of electrodes is much greater. At the same time, the current used becomes so high that when 3/4 of the length of the electrode has been used up, the remaining 1/4 becomes red hot, bends up, and has to be discarded. On the contrary, the 3/16" diameter rod would have been used up until only one inch was left, hence the length discarded per electrode would be negligible.

A thorough brushing of the region to be welded is always recommendable. It is very helpful in starting and maintaining the arc, and is favourable to regularity of the weld.

When the hot metal cools down after welding, there is a crust formed on the pass by the molten slag. This crust must be knocked off by a wedge hammer, leaving the weld exposed. It is important that welders break off this crust immediately after welding (supervisors should insist on it) otherwise when the material welded is painted the crust will be covered by paint. Later on, when this crust breaks off due to shocks, the weld will be left exposed to the atmosphere or acid substances and be exposed to corrosion.

In direct current welding, the electrode may be made positive and the material welded negative, or vice versa. The polarity depends partly on the type of coating on the electrode and so the manufacturer usually specifies whether the electrode should be made positive or negative. However, it has been found that a positive electrode generally gives a much better work. This may be due to the fact that the heat developed at a positive electrode is greater than that developed at a negative electrode, except for cast-iron-nickel electrode which has been found to give better work when made negative.

Good quality of the weld also depends on the arc length during welding, and this usually is the difficulty encountered by the beginner. If the end of the rod has been kept too far from the material, the weld is irregular and mostly thin. If it has been kept too close, there is frequent sticking of the end of the

electrode to the material, resulting in poor work and longer time required for welding. The best practice is to keep the electrode at a distance approximately equal to its diameter from the material welded. The sound emitted by the arc varies with its length; thus, the experienced welder can rely to a large extent on the sound as a guide for maintaining the right arc length.

It sometimes happens that the arc becomes irregular and there is a lot of splattering of metal (this is known as arc-blow) around the weld, resulting in a weld of poor quality and low tensible strength. This is usually due to a magnetic field being formed in the vicinity of the weld, as a result of either too high current for the size of electrode used, or welding in confined, irregular spaces. That is why it is not advisable to weld a socket on a pipe if there are threads near the joint, as shown in fig. 2. Such a weld is irregular and weak.

Usually the manufacturer specifies the current that is necessary according to the size of the electrode. High current is favourable to greater speed of welding. But if the current used is excessively high, there is a lot of splattering (arc-blow) and undercuts are formed. Undercuts are depressions along the edges of the weld (fig. 3). They should be avoided, because the metal next to them is weaker and failure of the weld is more likely to occur there. On the contrary, when the current is too low, the work is slow, the pass is high (overlapping) and penetration is insufficient, giving rise to a weak weld. Similarly, if the welder goes too fast, there is poor penetration, and if he goes too slow, there is too much overlapping.

Electrodes that have been made for horizontal welding are not as good for overhead and vertical welding. When electrodes designed for vertical and overhead welding are used for this type of work, there is little falling off of the fused metal, thus reducing the losses, and at the same time making the operation much easier for the welder. For vertical welding, the welder must always start from the bottom and move up, thus diminishing the risk of having the fusion flowing down.

Various methods have been devised for determining the quality of the weld. For every day welding in factories, the best method is by inspection. A few characteristics of a good weld are: smoothness and regularity, sharply defined edges of the weld, no undercuts, no overlapping, no excessive amount of splattering or tiny pits; the end of the weld forms a shallow crater, which is a good indication of good penetration of the weld.

When various materials are to be welded together, it is very important that the joints at which the weld is to be deposited be correctly worked and adjusted, in order to obtain the maximum strength and economy. The joints should be adjusted, so that the space left before welding is less than that of the diameter of the electrode. Very often it happens that the fitter who makes the adjustment leaves a fairly large and irregular space with the idea that the welder will fill up this space. This is not an economical practice as it results in an unnecessarily high consumption of electrodes and at the same time the strength of the joint is reduced.

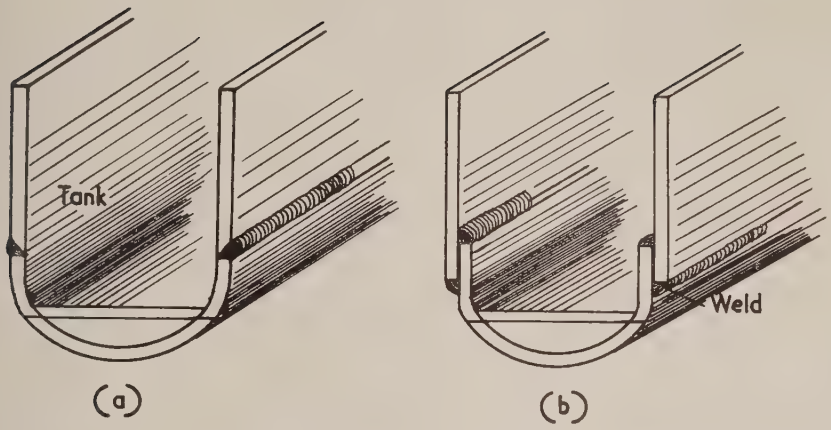


Fig. 5. Welding the bottom of a tank.

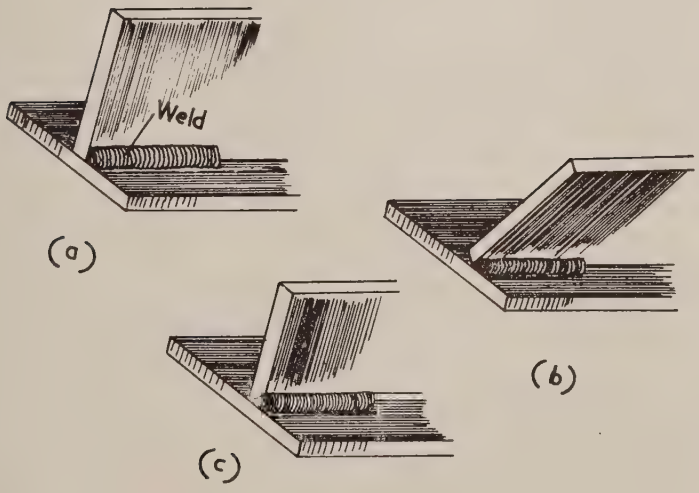


Fig. 6. Welding T-joints.

As far as possible. the members to be welded should be adjusted in such a way that the stress will be taken mostly by the members themselves, instead of being taken entirely by the welds. Welding of a hollow beam is a good example of this. In fig. 4, when adjustment is made according to (b), all the stresses are carried by the weld only, whereas, when it is done according to (a), the sections themselves take up most of the stress.

The tensible strength of a metal is greater than its shear strength. This also should be taken into consideration in adjusting members. In the welding of a tank for example (fi. 5), if the work is done as in (a), the strength is greater than if it is done as in (b). Another example is welding of a T joint (fig. 6) where (b) is stronger than (a).

Another important point is that the members should be adjusted so that the stress brought by the cooling down of the weld will not cause distortion. The welding of a T joint (fig. 6) is an example.

If a weld on one side only has to be done and a procedure as shown in fig 6 (a) is followed, it is most likely that, on cooling down, the contraction along the weld will bring about a distortion, as shown in fig. 6 (b). Such a distortion can be avoided by setting the plates as shown in fig. 6 (c). This is just one example of the numerous cases where one must prevent distortion by guessing beforehand what stresses will occur when the welded parts cool down. Quite often the fitter puts the parts together without realizing how much distortion will occur, and the welder finds it out after it is too late. It is in such occasions that the supervisor must intervene just in time between the fitter and the welder, in order to derive full benefit from the advantages that welding procures.

I hope that I have been able to impress on all of you the place of importance that electric arc welding now occupies in our industries, and I am firmly convinced that it deserves much more attention than is usually granted to it, this being to the entire benefit of industrial progress.

FUTURE TRENDS IN THE CHEMICAL WEEDING OF CANE FIELDS IN MAURITIUS

by

E. ROCHECOUSTE

Botanist M.S.I.R.I.

Historical.

The control of weeds has always been an important agricultural problem for weeds have been known for centuries to compete with crop plants for water, light and mineral nutrients. In the early days of agriculture the only methods available for weed eradication had been hand weeding and later mechanical cultivation. The first step forward in the development of weed control as a separate science occurred with the discovery that the synthetic plant growth regulators could be used as herbicides. A new era then began for the agricultural world as the selective herbicides MCPA and 2,4-D soon found application in the eradication of weeds in most crop plants including sugar cane. This discovery also brought forward new concepts in the technique of weed control, the most important aspects being the application of a herbicide to a " weed-free " crop to prevent weed re-infestation and the use of a herbicide in a " weed-infested " crop to kill the weeds without affecting the crop. This new departure from older methods stimulated research on weed control in agricultural crops. In sugar producing countries, experimental work soon established the outstanding possibilities of these two herbicides in sugarcane agriculture. Subsequently the MCPA and 2,4-D weed killers became integrated to all weed control programmes for that crop. Formulated at first as sodium salts, it was not long before their amine and ester derivatives became available to agriculturists.

The MCPA and 2,4-D herbicides, however, have their limitations. They are ineffective against established grasses and also certain broad-leaved weeds are resistant to their toxic action at rates that can be safely applied to the crop. In fact, the continued application of such herbicides resulted in many countries in the establishment of a weed population consisting mainly of grasses and of other resistant weed species. These considerations on the one hand and the urge for rapid advance, always associated with scientific discoveries on the other, led to more active research. As a result, hundreds of new chemicals were synthesized and screened for their herbicidal properties in the laboratory and glass house. The more promising were tested in fields to assess their agronomic and economic importance. This intensive search for new herbicides not only brought forward some chemicals of outstanding merits such as the substituted ureas, the derivatives of MCPB and 2,4-DB, the chloroacetamides, amino triazole, dowpon and, more recently, the triazine compounds, but also disclosed that some well known chemicals such as TCA and pentachlorophenol could be successfully used for weed eradication.

There is therefore at present a formidable array of different herbicides at the disposal of the planter. The extent to which some of these chemicals have found their application in Mauritius and the possibility for some others to become integrated into our weed control practice will form the object of this paper.

Present status.

Derivatives of MCPA and 2,4-D were until 1954 used alone in the chemical weeding of cane fields. The repeated application of these selective herbicides, however, resulted in the establishment of a weed population mainly graminaceous. Furthermore, owing to the fact that "weed-free" conditions seldom occur in virgins at planting and in ratoons after harvest, the application of selective weed killers used alone did not always give satisfactory results. Consequently a new technique was evolved for the chemical weeding of ratoons in 1954. It consisted of a herbicidal spray, made up of the following components applied about a week after harvest. The rates given below are per arpent of ratoons.

MCPA or 2, 4-D	1½ lb a.e.
Pentachlorophenol*)	1 - 1½ litres
or Sodium chlorate)	2 - 4 lb
TCA	5 lb

The basic principles underlying the composition of such a formulation as already described elsewhere (M.S.I.R.I. Bull. No. 10) are that the MCPA or 2,4-D derivative would kill a large number of germinating weed seeds, pentachlorophenol or sodium chlorate would affect the majority of broad-leaved weed seedlings as well as grass seedlings and TCA would supplement the action of sodium chlorate or pentachlorophenol in killing the majority of grass seedlings and at the same time checking the growth of perennial grasses which would have already been subjected to the scorching effect of these chemicals. Subsequently this formulation was modified and used successfully in the treatment of sugar cane fields after planting. The modifications were as follows :—

MCPA or 2, 4-D	3 - 5 lb a.e.
Sodium chlorate	6 - 12 lb
or	
Pentachlorophenol	3 - 4½ litres
TCA	6 - 15 lb

It should be mentioned that the use of sodium chlorate in such formulations is more widespread than that of pentachlorophenol. However, experimental work carried out at the Institute, has not shown that sodium chlorate is more effective than pentachlorophenol at the above-mentioned rates. It must be inferred therefore that its preference to pentachlorophenol in current practice is simply due to the fact that on the basis of equivalent effectiveness sodium chlorate is a less expensive chemical. It should also be noted that in general practice amines of 2,4-D are more in favour than the MCPA derivative (potas-

* 15% emulsifiable concentrate.

sium). The practice is not justified, for previous work carried out at the Institute has established that under conditions prevailing in Mauritius the MCPA derivative was more persistent in the soil than the amines of 2,4-D.

Although chemical weed control is a standard practice in sugar cane in Mauritius it must be pointed out, however, that in the non-irrigated areas of the sub-humid zone where annual precipitation varies from 35 in. to 50 in. the use of weed killers is limited. In fact it consists mainly in the eradication of the perennial grasss chiendent (*Cynodon dactylon*) and liane lingue (*Paederia foetida*) using the appropriate chemicals. In the irrigated areas of that zone the use of herbicide is not widespread, also possibly for the following reasons : (i) dry farming is generally practised and the system suppresses weed growth to a certain extent, (ii) weed infestation becomes important at harvest time only when summer rains set in early, (iii) labour is, in general, fairly abundant. In those areas, the above-mentioned formulations are seldom used except in the irrigated cane fields but even there the practice is quite recent. As a rule in that zone amine salt of 2,4-D is applied at the rates of 3 - 4 lb. a.e. and 1½ lb a.e. per arpent in plant canes and ratoons respectively. On the other hand in the humid zone where annual rainfall varies from 50 in. to 100 in. and in the super humid zone where it exceeds 100 in., chemical weeding is of great economic importance. In plant canes in general, the formulation given is used in the week following the planting operation, that is, before cane emergence. Subsequent weed infestation is generally dealt with by hand until the canes are about 3 months old. Exceptionally, however, MCPA or 2,4-D may be applied after the first weeding, that is, about six weeks after the first spray, but owing to the susceptibility of the crop, at this stage of growth, great care must be exercised as to the rate that should be used without affecting its development. Other chemical weedings are done with the MCPA or 2,4-D derivatives used alone at rates of application varying from 2 - 3 lb a.e. per arpent until the canes close in. On some estates a low volatile ester of 2,4-D is applied at the rate of 3 - 4 lb a.e. per arpent shortly after planting instead of the formulation but this practice is rather of limited application at present. These esters of 2,4-D, however, are never used in plant canes. Still, on some estates TCA is often omitted from the formulation, a practice which in the writer's opinion is to be deplored because it favours the establishment of annual grasses resistant to the MCPA and 2,4-D weed killers.

In ratoons the formulation given has found general application and a herbicidal spray is usually applied shortly after lining up trash. As a rule two applications are made, but in the super-humid zone a third application may be required before the canes close in. The rates of sodium chlorate used vary from estate to estate and often from field to field depending on the surface weed growth at the time the herbicidal spray is made. In general not more than 5 lb of TCA is used but in fields which are known to be heavily infested with grasses, rates up to 15 lb per arpent are applied. In fields infested with liane lingue (*Paederia foetida*) application of a low volatile ester at the rate of 1½ lb a.e. per arpent is the usual practice.

Future trends.

Herbicides that have been used for the chemical weeding of cane fields in Mauritius during the past 8 years are the synthetic plant growth regulators MCPA and 2,4-D, as well as TCA, sodium chlorate and pentachlorophenol. Although these weed killers have considerably helped in the solution of many weed problems, there are other important problems to be solved. Of these the following should be mentioned :—

(a) Weed eradication under the conditions prevailing in the super-humid zone.

(b) The meinki (*Digitaria timorensis*) problem.

(c) Weeds resistant to MCPA and 2,4-D derivatives.

(d) The chiendent (*Cynodon dactylon*) problem.

Research at the Institute, during the last two years has been directed mainly towards a solution of such problems. It is therefore fitting, at this stage to outline the work which has been done so far and, as an outcome, the modifications which may be brought about in the present weed control practices in the island.

(a) *Weed eradication under the conditions prevailing in the super-humid zone.*

Chemical weed control in the super-humid zone where it rains about all the year round is a difficult problem. In fact herbicide application in that zone is so tied up with rainfall that it often happens that (i) a herbicidal spray has to be delayed for weeks thus bringing conditions unsuitable for chemical weeding with regard to cane growth ; this occurs more particularly at planting time ; (ii) the success of a herbicide application may be completely ruined owing to uninterrupted rains experienced for weeks after the herbicidal spray. It must also be emphasized that the practice of lining up the trash on an interline which does not receive a herbicidal spray has not led to satisfactory results. In fact the fairly quick rotting of the trash, owing to the moist conditions generally prevailing in that zone, contributes to the establishment of permanent foci of weed infestation on that interline. Obviously, therefore, the efficiency of a herbicidal treatment becomes impaired not because the treatment has been ineffective but owing to the fact that weed growth soon resumes activity on that untreated interline once the trash begins to rot.

Investigations on that particular aspect of the problem were conducted along two lines, (i) evaluation of herbicides of low solubility in comparison to standard formulation in use, (ii) evolution of a technique that would solve the problem of weed infestation arising from the quick rotting of trash in the untreated interline.

The substituted ureas CMU and DCMU (5 lb per arpent) and more recently Simazine (5-8 lb arpent) used alone and in combination with sodium chlorate (6 to 12 lb per arpent) were compared to a formulation consisting of a

selective herbicide, MCPA or 2,4-D (4-5 a.e. per arpent) in combination with sodium chlorate (6-12 lb per arpent) and TCA (10 lb per arpent). These herbicides were applied in plant canes about a week after planting. Preliminary results obtained showed that the substituted ureas and simazine were more effective than the formulation used in current practice. Their greater efficacity is to be attributed, no doubt, to the low solubility of these chemicals which resulted in a longer persistence in the soil as compared to the MCPA and 2,4-D derivatives. It must be stressed, however, that outstanding results were obtained when these herbicides were used in combination with sodium chlorate only.

In an attempt to solve the problem of weed infestation from untreated interlines owing to quick rotting of trash in ratoons the following experimental lay out was adopted :—

i) After harvest the trash was lined up on the interline where remnants of the trash of the preceding season still persisted.

ii) One week after this operation the interline free of trash received a herbicidal treatment.

iii) The following week the trash was transferred to the interline which had been chemically treated.

iv) A week later the interline now free of trash received a herbicidal treatment.

Preliminary results obtained with this technique have been spectacular. Weed infestation was appreciably reduced owing, no doubt, to the fact that the whole field received a herbicidal treatment as compared to only part of it in current practice.

Future trends in the chemical weeding of cane fields in the super-humid zone, as indicated by recent experimental results, will presumably be along the following lines :—

i) The use of herbicides of low solubility such as CMU, DCMU and simazine instead of more soluble herbicides such as the MCPA and 2,4-D derivatives.

ii) The adoption of a technique in ratoons which involves the transfer of trash from one interline to another in order to apply a herbicidal spray to the whole field.

(b) *The meinki* (*Digitaria timorensis*) *problem.*

This grass thrives mainly in the wet areas but owing to its great economic importance, its control is dealt with separately here.

The formulation recommended for its eradication (M.S.I.R.I. Bull. No. 10) which consisted of an MCPA or 2,4-D derivative in combination with TCA and

sodium chlorate or pentachlorophenol has not given full satisfaction presumably for the following reasons :—

i) Although TCA and sodium chlorate or pentachlorophenol kill a certain proportion of established plants yet they do not give adequate control against infestation from seeds.

ii) The MCPA or 2,4-D derivatives, at the rate of application used did not check satisfactorily infestation from seeds.

Consequently the regular use of these herbicides had resulted in an invasion of cane fields by the grass in the super-humid zone.

Experimental work carried out in ratoon canes with the substituted ureas CMU and DCMU (6 lb per arpent) and simazine (6 lb per arpent) in combination with sodium chlorate (6 lb per arpent) or dowpon (10 lb per arpent) during the months September to December gave encouraging results. It must be pointed out, however, that in these trials the new technique was adopted, the whole field receiving the herbicidal spray. Preliminary data obtained indicate that dowpon was on the whole more effective than sodium chlorate in the combination spray. It should be stressed on the other hand, that dowpon applied at the rate of 10 lb per arpent may lead on occasion to malformation of young cane tillers. Of the three chemicals DCMU was the most effective and in this case the difference in efficacy between the combinations DCMU-sodium chlorate and DCMU-dowpon was of little significance. It will be emphasized that, at this stage of the investigations on the meinki problem, the results are encouraging but definite conclusions cannot be drawn until more experimental data become available. It appears that in the near future these chemicals, particularly DCMU, in combination with sodium chlorate or dowpon at reduced rates of application, will considerably help in the solution of the meinki problem, at present a cause of great concern to sugar cane growers of the super-humid zone.

(c) *Weeds resistant to 2,4-D and MCPA.*

The gradual elimination of weeds susceptible to MCPA and 2,4-D derivatives in cane fields have resulted in the establishment of other weed species more resistant to these herbicides. Of these we will mention here only those that are becoming troublesome owing to their widespread distribution in sugar cane plantations.

Millet sauvage (*Setaria pallide-fusca*)
Herbe bambou, H. bassine (*Setaria barbata*)
Petit trèfle (*Oxalis repens*)
Herbe duvet (*Paspalum paniculatum*)
Gros mota (*Kyllinga polyphylla* and *Pycreus ferrugineus*)
Herbe bouc (*Ageratum conyzoides*)
Herbe carapattes (*Brachiaria reptans*), a recent observation
Herbe fataque (*Panicum maximum*)

Although the object of the experimental work has not been the eradication of these weeds, observations were made on their reactions to the substituted ureas and simazine. Generally speaking it may be said that it appears that DCMU is effective on a broader weed spectrum than CMU and simazine. No conclusions, however, can be drawn until additional data are obtained.

(d) *The chiendent (Cynodon dactylon) problem.*

Chiendent is the most noxious perennial grass of the humid and subhumid zone. Although satisfactory results have been obtained with TCA in certain areas, in others disappointing results have been recorded. Botanical investigations have revealed that 4 clones of this grass exist in Mauritius and also that these different races show different tolerances to TCA and dowpon. These clones have been tentatively described as follows :-

(i) *Constance Type* (2n = 40). A robust variety of localized distribution in cane lands. Very resistant to TCA and dowpon.

(ii) *Réduit Type* (2n = 40). A prostrate variety prevailing along roadsides but occasional in cane lands. Apparently very resistant to TCA and dowpon.

(iii) *Beau Champ Type* (2n = 30). A vigorous variety widespread in cane lands. Moderately resistant to TCA and dowpon.

(iv) *Bel Ombre Type* (2n = 30). Closely similar to Beau Champ type, but apparently less resistant to TCA and dowpon ; fairly common in cane lands.

Treatment with TCA at the rate of about 100 lb per arpent at the time the canes begin to close in was recommended (MSIRI Bull. No. 10.) for the eradication ot this grass. Generally speaking, with the Beau Champ and Bel Ombre varieties the treatment can give fairly good control but with the Constance variety disappointing results have been recorded. Recent experimental work with dowpon has shown that the chemical is more toxic to chiendent than TCA but from an economic view point there is little to choose. Furthermore, dowpon applied in sugar cane plantations at rates at which it would control chiendent (20 — 40 lb. per arpent) would have a detrimental effect on cane growth. It must be mentioned that in cane lands lying fallow after harvest the successful eradication of chiendent with TCA or dowpon will depend in a large measure on the variety present in the field. When the three varieties, Constance, Beau Champ and Bel Ombre occur in association, the problem becomes more complicated, as a chemical treatment may directly not only fail to give satisfaction but also indirectly favour the propagation of the more resistant variety.

The discovery that more than one clone of chiendent exist in the island and the fact that the various races show different tolerances to TCA and dowpon have been an important step forward towards a better understanding of the chiendent problem. We feel confident therefore that in the near future we will be in a better position to advise you on the eradication of this noxious grass.

LA LUTTE INSECTICIDE CONTRE *PERKINSIELLA SACCHARICIDA* VECTEUR DE LA MALADIE DE FIDJI

par

B. SIGWALT

Chef du Laboratoire de la Maladie de Fidji,
Brickaville — Tamatave

La lutte contre la maladie de Fidji, est basée essentiellement sur l'arrachage des touffes de cannes contaminées (rogueing), et le remplacement variétal des cannes sensibles par des cannes résistantes. Des essais de résistance spéciaux sont établis pour déceler la sensibilité des différentes variétés dans les conditions de culture locales. Des tels essais ont été implantés aux Iles Fidji et en Nouvelles Galles du Sud (Colonial Sugar Refining Co.), au Queensland (Bureau of Sugar Experiment Station), à Madagascar (Comité de Collaboration Maurice-Réunion-Madagascar).

L'objectif lui-même de la lutte, peut être soit l'éradication complète (Queensland), soit le contrôle économique (Fidji et Nouvelles Galles du Sud).

Les mesures prises au Queensland pour l'éradication sont extrêmement rigoureuses, et ont permis de ne plus considérer la maladie depuis 1954, que comme une rareté. La menace persiste cependant, puisque le 58ème rapport du Bureau of S.E.S. (1958) note une recrudescence dans certains districts.

Le contrôle économique a été adopté, par contre, par le Colonial Sugar Refining Co. et le taux de maladie s'établit à 0,5 % en zone industrielle — soit environ 60 cas/Ha (1955). Ce type de contrôle recherche essentiellement l'assainissement des foyers malades, en attendant que les essais de résistance fournissent une gamme complète des cannes susceptibles de remplacer progressivement et sans incidence économique défavorable, les variétés sensibles. Les zones de culture industrielle ont en effet leur production équilibrée sur plusieurs variétés en général, et dans de tels secteurs, les remplacements sont lents, de l'ordre de 15 à 20 % par an — soit 5 à 6 repousses.

Le contrôle économique de la maladie a été appliqué méthodiquement à partir de 1958 dans la zone industrielle de Brickaville, seul centre producteur de sucre de la Côte-Est de Madagascar. Ce contrôle est basé sur trois opérations :

a) — Contrôle du vecteur par une lutte insecticide.

b) — Rogueings intensifs et remplacement en fin de culture de la variété actuelle M. 134/32 sensible, par des variétés résistantes, Pindar en particulier.

c) — Etablissement d'un essai de résistance.

A. La lutte insecticide contre le vecteur.

La maladie de Fidji est une virose de la canne transmise, soit par un insecte (infection primaire), soit par boutures (infection secondaire). La pullulation de l'insecte *Perkinsiella saccharicida* Kirk à Madagascar, conditionne l'extension de la maladie, sur une aire infectée, le plus souvent à un niveau très faible, par la mise en place de boutures malades. Nous avons ainsi observé, à la suite de multiplications accidentelles, deux exemples de telles transmissions.

Dans le premier, la variété B. 43-62 a été bouturée sur 4,5 Ha, à partir d'une pépinière malade : 18 cas pour 0,7 Ha Vingt-sept touffes ont été relevées au bout de deux mois, puis la parcelle a été arrachée.

Sur cette même parcelle, une nouvelle plantation effectuée avec la variété Q. 47, provenant d'une pépinière malade au taux de 5 cas pour 0,3 Ha, a montré après 3 mois, 41 cas, 10 cas le 4e mois, 13 cas le 5e mois — c'est-à-dire au total, le même pourcentage environ que la pépinière d'origine.

Le taux de 50 % de maladie, que l'on observe couramment sur les variétés sensibles en 5 ans, est le seul fait du vecteur.

La lutte insecticide trouve ainsi son objectif diminuer la population de vecteur jusqu'à un niveau assez bas, pour que la probabilité de transmission devienne pratiquement nulle. Celle-ci est en effet le produit du nombre d'insectes contaminants, par le nombre de cas de Fidji formant réservoir de virus. Ce dernier facteur, par le seul rogueing, évolue lentement, comme on le verra plus loin.

Le contrôle insecticide d'un vecteur de virose comporte deux phases dans sa mise au point.

1° — Recherche de l'insecticide le plus apte à obtenir le contrôle de l'insecte et de son mode d'épandage.

2° — Recherche des protocoles d'application propres à assurer le contrôle de la mobilité du vecteur.

I. — *Les essais insecticides.*

Après une série d'essais préliminaires, l'expérimentation definitive a porté sur quatre insecticides :

Le Métasystox à 50 % de métyl-déméton,

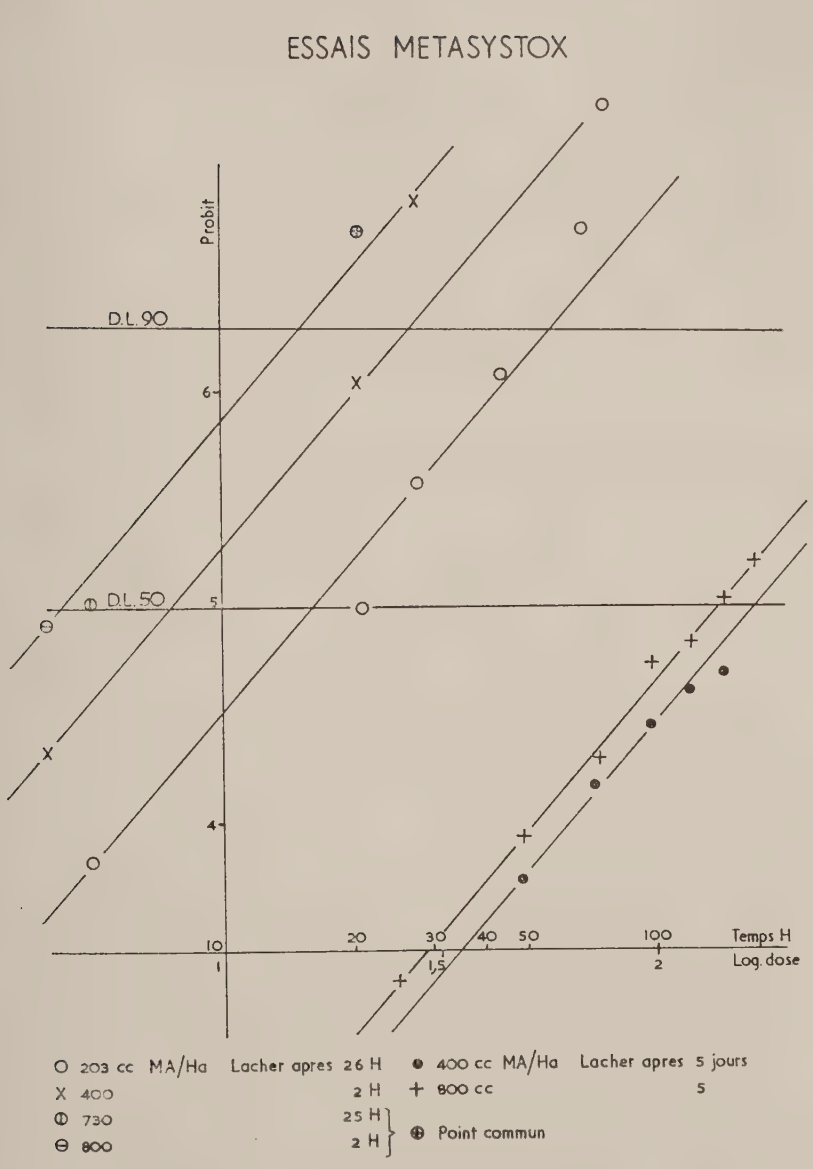

ESSAIS METASYSTOX
Probit
D.L. 90
D.L. 50
6
5
4
10
1
20
30
40
50
100
Temps H
1,5
2
Log. dose
O 203 cc MA/Ha Lacher apres 26 H
X 400 2 H
Φ 730 25 H
Θ 800 2 H
● 400 cc MA/Ha Lacher apres 5 jours
+ 800 cc 5
⊕ Point commun

Fig. 1 A

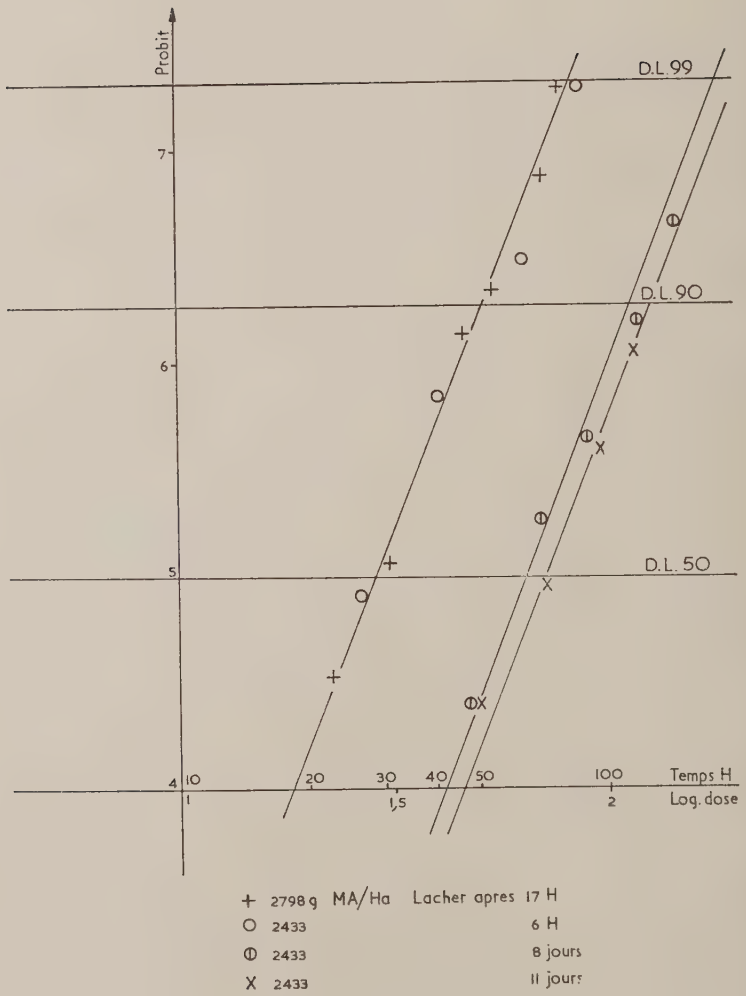

ESSAIS DDT
Probit
D.L. 99
D.L. 90
D.L. 50
7
6
5
4
10
1
20
30
1,5
40
50
100
2
Temps H
Log. dose
+ 2798 g MA/Ha Lacher apres 17 H
O 2433 6 H
Φ 2433 8 jours
X 2433 11 jours

Fig. 1 B

Le H.C.F. en poudre mouillable à 50 % (7 % isomère gamma),

L'endrine en émulsion à 19,2 %

Le D.D.T. en poudre mouillable à 75 %.

Les épandages ont été effectués en ultra pulvérisation avec un appareil de type Fontan, et à raison de 80 à 120 litres eau à l'hectare.

Les résultats d'expérience ont été interprétés par la méthode des probits (Tableau I et Fig. I A, B, C, D).

Les pourcentages de mortalité sont transformés en une unité liée à l'écart type de la courbe normale de distribution qui exprime la susceptibilité d'une population d'insectes à un insecticide. Cette unité appelée probit, est placée en ordonnée et prend les valeurs 5.0 pour la dose léthale 50, 6 28 pour la DL 90 et 7.33 pour la DL 99.

En abscisse, est indiquée la dose, c'est-à-dire ici le temps d'exposition à l'insecticide exprimé par son logarithme. Le rapport dose mortalité, s'exprime alors par une droite de régression établie graphiquement mais dont l'équation exacte peut être calculée par une série d'ajustements.

Les pourcentages de mortalité sont corrigés d'après la mortalité témoin (Voir Fig. 2).

Les insectes testés ont été lâchés par lots de 30 individus dans des cages spéciales, réparties au hasard sur les parcelles traitées. Quatre cages au minimum ont été utilisées pour chaque test.

Les intervalles variables entre les épandages et les lâchers, constituent la base d'étude des rémanences.

Les graphiques de la figure 1, résument les données acquises.

Essais Métasystox

La dose léthale DL 50 est atteinte avant les 10 premières heures à partir de la concentration de 400 cc MA/HA, l'effet de choc, est donc très important.

On n'observe pas de différence entre les concentrations 730 et 800 malgré que l'épandage à 730 ait été contrôlé par un lâcher effectué après 25 h., et celui à 800 une heure après. La pénétration de l'insecticide est donc très rapide, avec en plus, une action par contact probable. Il n'a été tracé qu'une droite pour ces deux concentrations.

Les actions rémanentes sont :

a) — nulles à la concentration de 203 cc MA Ha après 9 jours,

b) — efficaces à partir de la concentration 400 après 5 jours.

Toutefois, elles sont inférieures à ce qui est connu pour d'autres plantes. Il est probable que la canne en pleine végétation à cette époque, et produisant beaucoup de feuillage frais, dilue rapidement l'insecticide absorbé.

Les DL 50 s'établissent ainsi —

— 203 g MA/Ha	. .	...	... 16 H
— 400 g ,,	...	...	... 8 H
— 800 g ,,	...	...	... 4 H
— 400 g ,,	Lâcher après 5 jours		... 170 H
— 800 g ,,	...	...	... 140 H

Essais D.D.T.

Les concentrations étudiées 2433 g MA/Ha et 2798 g MA/Ha, sont pratiquement équivalentes, compte tenu des différences dans l'intervalle entre épandage et lâchers : respectivement 6 H et 17 H.

La DL 50 s'obtient après 29 H, ce qui constitue un effet de choc inférieur au Métasystox.

Par contre, les actions rémanentes de la concentration 2433 g MA/Ha, sont très appréciables, puisque la DL 50 s'obtient en 65 H après 8 jours et 73 H après 11 jours, ce malgré des pluies très importantes au cours des tests.

L'expérience de rémanence 11 jours a d'ailleurs été conduite en vérification de la rémanence 8 jours.

Essais H.C.H.

Une action de choc importante ne s'obtient que pour les concentrations supérieures à 2000 g MA/Ha (7% isomère gamma) : DL 50 en 13 H.

Par contre, l'efficacité de l'insecticide diminue rapidement : le lâcher après 25 H sur épandage à 2364 g MA/Ha conduit à une DL 50 après 86 H.

Essais Endrine

De la même façon, l'efficacité de l'Endrine diminue rapidement.

La DL 50 est obtenue en 24 H, pour la concentration de 425 g MA/Ha - lâcher après 1 H. Une concentration supérieure 666 g Ma/Ha, a montré une DL 50 après 34 H, le lâcher ayant été fait après 25 H.

Les essais de rémanence montrent également une efficacité nulle.

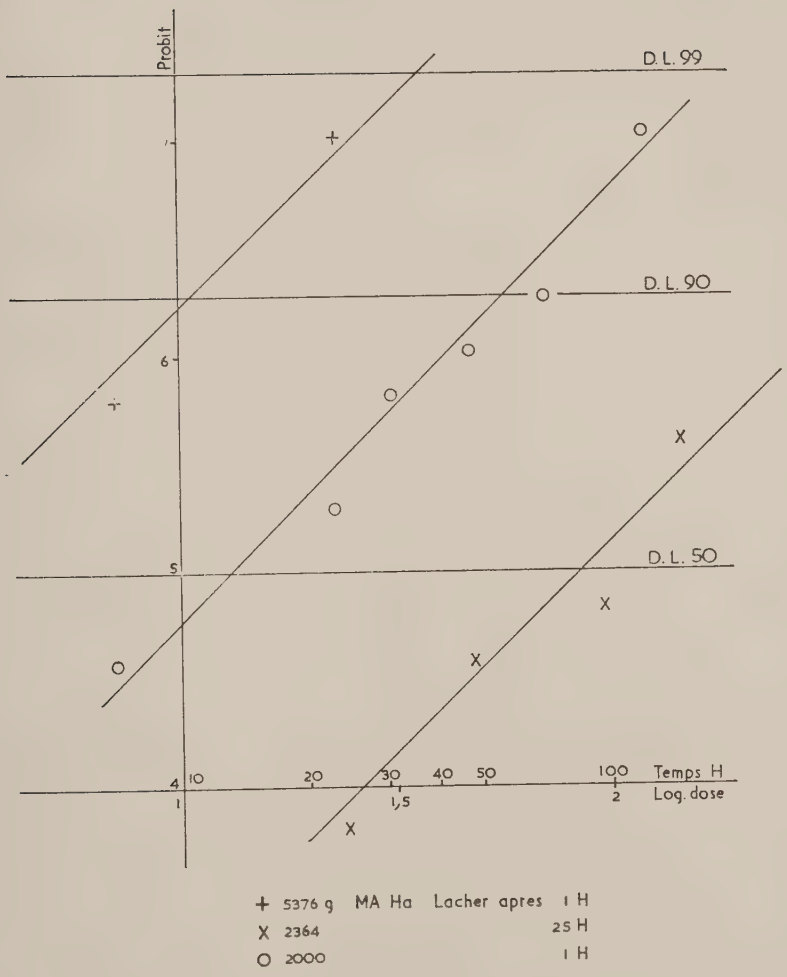

ESSAIS H.C.H
Probit
D.L. 99
D.L. 90
D.L. 50
7
6
5
4
10
20
30
40
50
100
Temps H
Log. dose
1
1,5
2
+ 5376 g MA Ha Lacher apres 1 H
X 2364 25 H
O 2000 1 H

Fig. 1 C

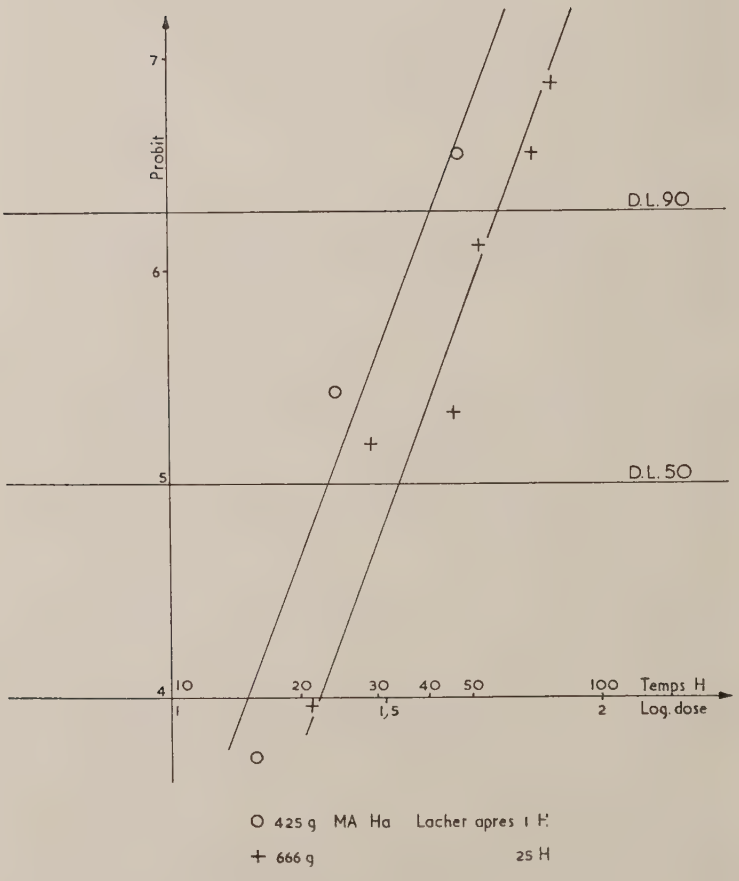

ESSAIS ENDRINE
Probit
7
6
5
4
D.L. 90
D.L. 50
10
20
30
40
50
100
Temps H
1
1,5
2
Log. dose
O 425 g MA Ha Lacher apres 1 H
+ 666 g 25 H

Fig. 1 D

Tableau I. — Droites de corrélation, interprétant les tests insecticides — Méthode des Probits

A. — *Métasystox*

1.	730 cc	MA/Ha	—	Lâcher après	26 H
—	800 cc	,,	—	,,	2 ,,
2.	400 cc	,,	—	,,	2 ,,
3.	200 cc	,,	—	,,	26 ,,
4.	400 cc	,,	—	,,	5 Jours
5.	800 cc	,,	—	,,	5 ,,

B. *D.D T.*

1.	2800 g	MA/Ha	—	Lâcher après	17 H
—	2430 g	,,	—	,,	6 ,,
2.	2430 g	,,	—	,,	8 Jours
3.	2430 g	,,	—	,,	11 ,,

C. *H.C.H.*

1.	5400 g	MA/Ha	—	Lâcher après	1 H
2.	2000 g	,,	—	,,	1 ,,
3.	2400 g	,,	—	,,	25 ,,

D. *Endrine*

1.	425 g	MA/Ha	—	Lâcher après	1 H
2.	666 g	,,	—	,,	25 ,,

Comparaison des essais — (Voir Fig. 3).

Par superposition des graphiques, on peut comparer les pentes des différentes droites de régression obtenues.

Dans le cas de l'Endrine et du D.D.T., elles sont approximativement parallèles, et les doses équitoxiques en action de contact sont (en matière active) : 2800 g D.D.T. et 650 g d'Endrine pour une DL 50 après 30 H., les lâchers étant faits 20 H après épandage.

Choix des insecticides

Ce choix doit tenir compte de la persistance du virus. Le virus de la maladie de Fidji est classé comme persistant. L'insecticide doit donc avoir uu effet rémanent maximum. D'après les études faites précédemment, le D.D.T. constitue donc le meilleur produit parmi ceux qui ont été testés.

Toutefois, on doit également tenir compte des conditions de culture qui sont :

La coupe rase ou non rase des cannes,

La plantation,

La culture destinée à la fabrication de jus fermenté, dit betsa-betsa. Dans ce cas, un champ de betsa-betsa présente en permanence des cannes adultes.

Dans le cas de la plantation, un second problème se pose, celui du borer des jeunes pousses, *Sesamia calamistis*, qui d'après des études faites aux Indes sur un borer voisin, peut être contrôlé par l'Endrine. Dans ce cas, il a paru donc préférable d'utiliser ce dernier insecticide.

Dans le cas des cultures de betsa-betsa, la difficulté d'épandage sur des cannes très hautes a fait préférer le Métasystox systémique.

Intervalle entre deux traitements

Cet intervalle est fixé par le total des durées minimum des stades fixes ou non transmetteurs de l'insecte, déterminé à Brickaville, soit :

Incubation de l'œuf	13 jours
Stade larvaire I	1 jour
,, ,, II	7 jours

c'est-à-dire trois semaines.

Quantités d'insecticide applicables

Ces quantités doivent varier avec l'âge de la plantation ou des repousses.

On considère en effet, que la surface foliaire d'un champ de cannes évolue approximativement comme suit (12,000 touffes ha) :

1 mois	600 m^2
2 ,,	2400 ,,
3 ,,	6000 ,,
5 ,,	10000 ,,

D'autre part, dans le cas des repousses, le *Perkinsiella* se localise après la coupe sur les déchets, têtes de cannes en particulier. Il est alors nécessaire d'envisager le traitement du sol — soit 10.000 m^2.

On obtient ainsi le tableau suivant :

TABLEAU II

	Surface à traiter	Quantité D.D.T. en Kg. M.A.
1er traitement (sol + feuilles)	10.600 m^2	2,500
2e traitement (sol + feuilles)	12.400 m^2	2,500
3e traitement (feuilles)	6 000 m^2	1,200
4e traitement (feuilles)	6.000 m^2	1,200
5e traitement (feuilles)	7.200 m^2	1,500
6e traitement (feuilles)	9.600 m^2	2,000
7e traitement (feuilles)	12.000 m^2	2,500

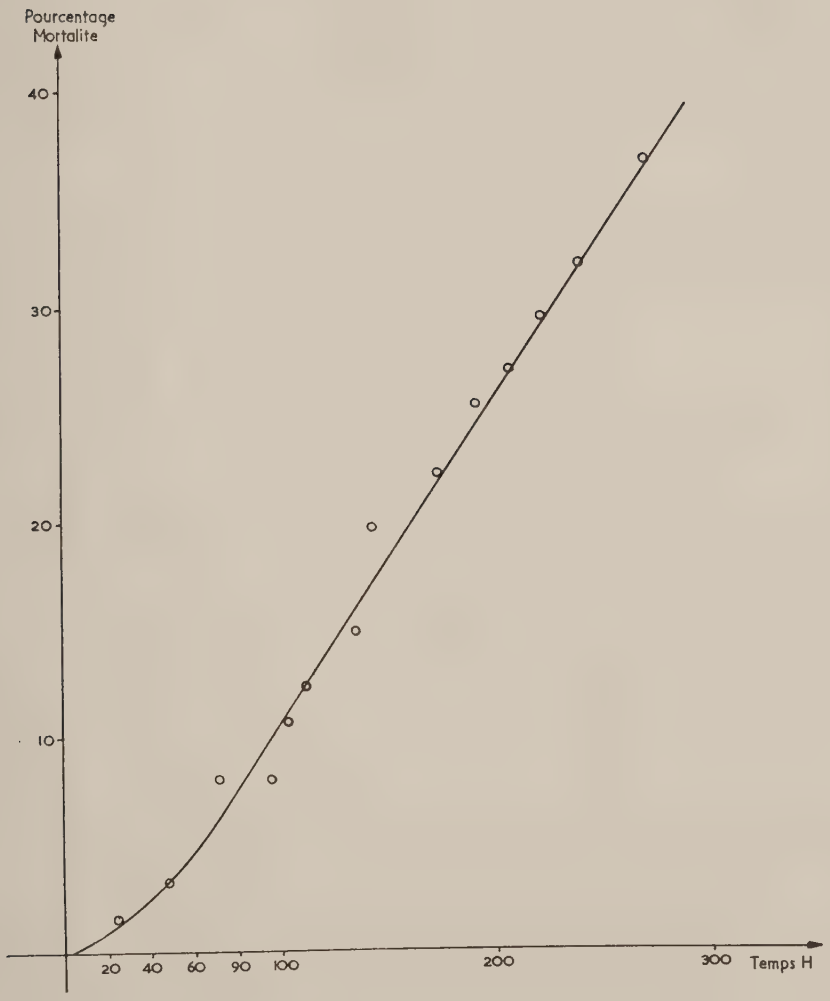
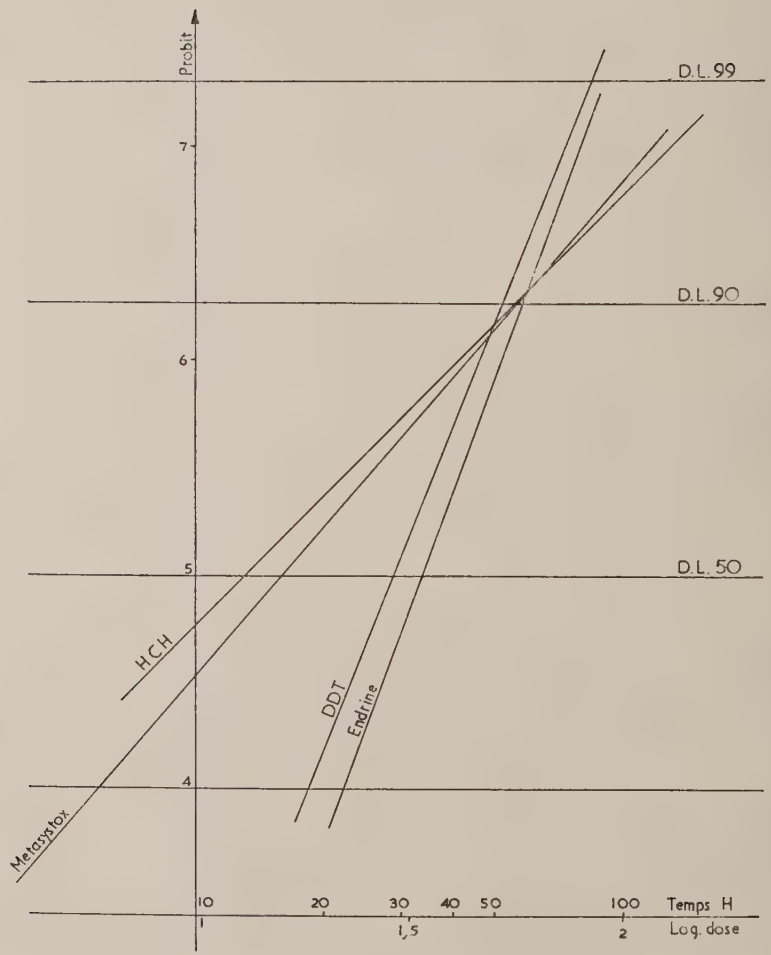

MORTALITE TEMOIN
Pourcentage Mortalite
40
30
20
10
20
40
60
90
100
200
300
Temps H

Fig. 2

COMPARAISON DES ESSAIS



Endrine	666	MA Ha	Lacher apres	25 H
Metasystox	203			26 H
HCH	2000			1 H
DDT	2798			17 H

Fig. 3

II. — *Le protocole d'application*

Le contrôle de la mobilité du vecteur ne peut s'obtenir que par traitements en grandes surfaces et suivant un protocole évitant ou annulant les réinfections marginales.

Ce dernier problème ne peut être résolu que de deux manières :

a) — Des traitements généralisés et simultanés sur l'ensemble des surfaces, ce qui ne peut se concevoir que par avion. Or, ce système d'épandage est considéré en efficacité comme équivalent à environ 30% d'un épandage effectué à partir du sol. Une étude de prix de revient d'un contrôle par deux passages, montre que celui-ci devient prohibitif : la surface traitée est multipliée par le cœfficient 7 environ.

b) — Un traitement progressif des surfaces mises en coupe. Les traitements échelonnés toutes les 3 semaines, doivent alors se poursuivre jusqu'à la fin de la coupe, c'est-à-dire jusqu'au moment où la dernière parcelle porteuse de *Perkinsiella* est abattue. Enfin, cette dernière parcelle doit subir deux traitements, étendus par sécurité à l'ensemble des superficies voisines.

Le cœfficient de traitement

La méthode précédente marque une économie importante par rapport à la première. Nous appellerons *cœfficient de traitement* le facteur qui multiplie la superficie initiale, à la fin des applications insecticides.

En prenant les surfaces en coupe égales à 1000 ha, et en admettant que la campagne se déroule sur 20 semaines, en commençant les traitements trois semaines après la coupe, la cadence de traitement s'établit à 50 ha par semaine :

Les deux premières séries de 50 Ha		traités	8 fois
,, trois séries suivantes		,,	7 ,,
,,	,,	,,	6 ,,
,,	,,	,,	5 ,,
,,	,,	,,	4 ,,
,,	,,	,,	3 ,,
,,	,,	,,	2 ,,

ce qui représente au total : 4.85 Ha traités.

En fait, ce cœfficient de 4.85 est un peu trop élevé, parce qu'une partie des surfaces est mise en remplacement et que les plantations ne débutent pas dès la fin de coupe.

Enfin, la cadence de 50 Ha par semaine ne s'établit pas immédiatement.

En pratique, le cœfficient de traitement pour 1959 a été de 3,62 pour les 213 Ha mis en expérience.

III. *Application du schéma.*
Superficies traitées

a) — *Localisation*

Un îlot d'environ 200 Ha se prêtait parfaitement à cette expérimentation. Il est constitué par :

71.17 Ha d'un seul tenant, en repousses conduites en coupe non rase ;

77.04 Ha dont 34.5 Ha d'un seul tenant, en repousses conduites en coupe rase ;

40.15 Ha de plantations, soit sur terres défrichées (10 Ha), soit en remplacements ;

24.80 Ha de plantations destinées à la betsa-betsa.

Soit au total : 213.16 Ha.

Chacune des parcelles constituant cette superficie a été mise sur fiche de différentes couleurs, suivant la façon culturale. Sur chaque fiche sont notées les différentes opérations depuis la coupe. Enfin, ces fiches sont placées sur un tableau de planification, prévoyant d'une part les dates d'épandange, l'insecticide à utiliser et sa concentration, d'autre part les rogueings effectués corrélativement sur la même parcelle.

b) *Plan de coupe et de plantation*

La planification des traitements et des rogueings est faite d'après le plan de coupe et de plantation que doit fournir le planteur. En fait, ce plan n'est pas suivi en raison des circonstances atmosphériques rendant l'accès au champ plus ou moins praticable. Le plan de traitement a donc été établi et développé chaque fin de semaine en fonction des déclarations des planteurs, sur leurs travaux de la semaine écoulée.

c) *Plan de traitement pratique*

Nous avons pris comme exemple, le bloc 41.9 Ha de la plantation Ambalatenina S. C. E. Elle rentre dans le plan de traitement entre les 4e et 15e semaines, ce qui établit son cœfficient de traitement à :

2.5 Ha	traités 6 fois	...	...	15.0 Ha
5.2 Ha	,, 5 ,,	...	...	26.0 Ha
18.6 Ha	,, 4 ,,	...	...	74.4 Ha
15 6 Ha	,, 3 ,,	...	...	46.8 Ha
				162.2 Ha

soit : 162.2/41.9 = 3.87

Le tableau III résume les travaux effectués sur cette plantation. La lettre D indique les traitements au D.D.T. et la lettre R indique les rogueings.

TABLEAU III

PLAN DE TRAITEMENT SUR UNE PLANTATION

(S. C. E. Ambalatenina — Coupe rase)

Parcelles	Surface	3.8	10.8	17.8	24.8	31.8	7.9	14.9	21.9	28.9	5.10	12.10	19.10	25.10	2.11	9.11	16.11	23.11	30.11	7.12	14.12	21.12	////	4.1	11.1
2	3.9											0.9	3.0			DR			DR		D			R	
3	3.4											0.4	2.0	1.0		DR			DR		D			R	
8 A	0.7	0.7			D			D		R	D			D		R	D			D				R	
8 B	3.0			3.0				D		R	D			D		R	D			D				R	
9 A	1.0			1.0	D			D		R	D			D		R	D			D				R	
9 B	2.2					2.2		D		R	D			D		R	D			D				R	
10 A	0.8			0.8	D			D		R	D			D		R	D			D				R	
10 B	1.0					0.5	0.5			DR			D			DR			D					R	
11	2.7					0.7	2.0			DR			D			DR			D					R	
12	1.0						1.0			DR			D			D	R		D	R				R	
13	1.7					0.2	1.5			DR			D			D	R		D	R				R	
14 A	1.0						1 0			DR			D			D	R		D						R
14 B	0.8					0.2	0.6			DR			D			D	R		D						R
15 A	5.0					0.2		4.8			DR			D			D	R		D						R
15 B	0.7							0.7			DR			D			DR			D						R
15 C	0.2							0.2			DR			D			DR			D						R
16	2.9					0.5		2.4			DR			D			DR			D						R
17 A	0.3						0.3			D	R		D			D			DR						R
17 B	0.7					0.2	0.5			D	R		D			D			DR						R
17 C	0.6						0.6			D	R		D			D			LR						R
18 A	2.3								2.3			D		R		D		D	R						R
18 B	0.5								0.5			D		R		D		D							R
18 C	1.7								1.7			D		R		D		D			R				R
19 A	1.8									1.8			D			D	R		D		R				R
19 B	0.5										0.5			DR			D				R				R
20	1.5									1.0	0.5			DR			D			D	R				R

Insecticide épandu

En reprenant l'exemple de la plantation Ambalatenina, on a les correspondances suivantes entre les quantités d'insecticides à épandre et celles qui l'ont été effectivement :

	MA/Ha D.D.T. théorique	pratique
1er traitement	2,500 g	2,510
2e ,,	2,500 ,,	2,385
3e ,,	1,200 ,,	1,346
4e ,,	1,200 ,,	1,452
5e ,,	1,500 ,,	1,876
6e ,,	2,000 ,,	1,936

ce qui fait un total de 280 kg de matière active pour les parcelles 8 à 20, soit : 34.5 Ha.

Les approximations sont dues à plusieurs facteurs :

— Irrégularité de marche des opérateurs.

La cadence de travail n'est évidemment pas parfaitement régulière, soit entre opérateurs, soit pour un opérateur donné suivant l'état de fatigue. L'appareil pèse en effet 27 kg à pleine charge.

— Irrégularité de hauteur des cannes suivant la rapidité de pousse, en liaison directe avec l'époque de coupe.

— Irrégularité dans le produit commercial. On a utilisé en effet, suivant l'approvisionnement, soit la poudre mouillable 75, soit la poudre mouillable 50. Cette dernière donne des bouillies nettement moins homogènes et provoque des encrassements.

Enfin, on a au total le tableau suivant d'utilisation des insecticides :

D.D.T. :	168 Kg D.D.T. 50
	1,300 Kg D.D.T. 75
Endrine :	113 Kg Feldrine 20
Méthyl-Déméton	53 Kg Métasystox

pour les 732 Ha traités (Cœfficient de traitement : 3.62).

Utilisation du matériel Fontan

L'appareil utilisé à été un pulvérisateur à dos, de marque Fontan, employant les gicleurs de 1,5 ou 2 en ultra-pulvérisation, soit 80 à 120 litres d'eau à l'hectare.

Au cours du traitement, le régime du moteur doit être surveillé de façon à ce que le ventilateur produise un courant normal qui distribue régulièrement les jets pulvérisés sur les feuilles de cannes, et éviter ainsi le courant d'air trop fort qui coucherait les feuilles.

Les superficies traitées quotidiennement pour 8 heures de travail, s'établissent ainsi :

— Cannes hautes — 2m — 2,5m — Coupe rase
Colibri 0,3 à 0,35 Ha (600 litres eau/Ha)
Fontan 1,3 à 1,35 Ha (2 opérateurs)
— Cannes moyennes et homogènes — 1,5 à 2m — Coupe rase
Colibri 0,5 à 0.55 Ha (400 litres eau Ha)
Fontan 3,5 à 4,00 Ha (2 opérateurs)

Les chiffres donnés pour l'appareil Vermorel *Colibri* correspondent aux résultats d'une expérimentation préliminaire, faite pour choisir le type d'appareil à utiliser.

Les conditions atmosphériques rendent en fait la journée de travail beaucoup plus courte, la réduisant souvant à 2 et 3 heures. Il est alors plus avantageux d'augmenter le nombre d'appareils en service, et cette sous-utilisation apparente correspond à une économie de temps.

La superficie moyenne traitée quotidiennement s'établit finalement à 2,24 Ha, et le nombre maximum d'appareils utilisés simultanément est de 5.

Résultats obtenus sur les populations d'insectes

Les sondages intéressant l'évolution des populations sur les parcelles traitées ont été conduits à partir du mois d'août. Ils ont montré que les populations restent effectives pendant un mois, c'est-à-dire jusqu'au deuxième traitement qui supprime les dernières larves. Elles s'annulent ensuite.

Les sondages en cours de traitement permettent de déceler une faute d'épandage, comme on l'a constaté une fois. La planification des traitements doit donc être suivie très strictement. Une erreur comme celle qui a été constatée, permet en effet des réinfestations marginales rapides.

Des séries de sondages ont été faites en janvier et février tant sur les parcelles traitées, que sur les témoins choisis dans d'autres plantations, pour étudier la reconstitution des populations.

En général, même sur betsa-betsa, la reconstitution des populations est extrêmement faible. Au 26 février, une des parcelles sondées ne montre même ni ponte, ni adulte.

Par rapport aux témoins, les populations sont pratiquement nulles, si on considère les densités de ponte, qui reflètent en partie les densités de piqûres. De toutes façons, malgré l'importance des moyens mis en œuvre, il ne pouvait être espéré une éradication de l'insecte. L'objectif à atteindre était le contrôle de la maladie, et non une lutte isolée en conception, contre le vecteur.

B. La campagne des rogueings

Les rogueings s'intègrent dans le plan général de lutte en association avec la campagne insecticide. La coordination de principe est la suivante: toute parcelle traitée doit subir 3 rogueings échelonnés sur la même

période que les traitements, en vue d'obtenir la meilleure élimination possible des sources de virus en même temps que celle des vecteurs.

Le nombre 3 a été pris comme maximum compatible avec les possibilités pratiques (nombre d'équipes disponibles en particulier).

Les équipes de rogueings

Ces équipes sont constituées de 6 prospecteurs, dirigés par un Chef de Groupe. Trois ou quatre équipes travaillent en coordination sur la même parcelle pour faciliter les contrôles et éventuellement former du nouveau personnel d'encadrement.

Chaque prospecteur assure en moyenne le contrôle d'un quart d'hectare par journée de travail.

Les arrachages s'effectuent immédiatement et sont regroupés en fin de journée, dans des fosses

Les superficies contrôlées

En plus des 213 Ha soumis aux traitements insecticides, une plantation témoin de 50 Ha, non traitée, a été soumise aux rogueings.

La planification des prospections, se fait de la même façon que pour les traitements. Le tableau III montre la coordination de deux opérations sur la plantation Ambalatenina.

Les résultats obtenus

Nous commenterons les prospections effectuées sur la S. C. E. Ambalatenina et sur la plantation témoin dite Vohipamelona. Les résultats sont récapitulés dans le tableau IV.

a) *S. C. E. Ambalatenina*

Les 41.8 Ha de la plantation actuelle sont constitués entièrement en M. 134/32, et se répartissent en 2 lots :
Parcelles 2 et 3 et parcelles 8 à 20.

Le 1er lot a un taux de Fidji très élevé : 1.318 cas relevés sur 7.3 Ha; par rapport au second : 218 cas sur 34.5 Ha.

Les dates de plantation sont les mêmes.

Le seul facteur délimitant est la densité en *Perkinsiella*, liée à la proximité de la rivière Rianila.

La seule parcelle du 2e lot, en effet, qui dépasse 20 cas ha, est le No. 18, qui également est la plus proche d'une étendue d'eau relativement considérable sous forme de rizières.

b) *Plantation Vohipamelona*

Cette plantation très hétéroclite groupe en particulier 16.1 Ha de M. 134/32 et 15.9 Ha de NCo-310. Le taux de Fidji y est élevé.

Il est arrivé que le premier rogueing soit effectué trop tôt, ne laissant pas aux rejets le temps de manifester les symptômes. Il est donc naturel que le second rogueing montre le plus souvent plus de cas que le premier. Le troisième rogueing recueille en principe les cas à manifestation retardée, ainsi que les oublis. Il est douteux qu'il soit suffisant pour les parcelles très infectées, telles 2 et 3 Ambalatenina. En comparant le 3e rogueing avec l'ensemble des deux premiers, la diminution du nombre de cas va de 50% (milieu très infecté), à 90% (milieu moins infecté, et variété NCo-310, moins sensible).

Si on rapproche ces résultats avec ceux de l'année précédente — ce pour Ambalatenina qui est seule à fournir des chiffres comparables — on constate alors qu'en zone très infectée, on ne peut atteindre qu'une réduction d'environ 40% du nombre de cas de Fidji, et 70% en milieu moins infecté.

Les rogueings sont en effet toujours handicapés, indépendamment des oublis, par le fait qu'une partie des cas se déclarent après le dernier contrôle de la campagne, soit le 5e ou 6e mois suivant la végétation. Ces nouveaux cas sont liés directement à l'activité de la population de vecteurs.

Les données de la prochaine campagne montreront si la lutte insecticide améliore de façon rentable ces résultats.

TABLEAU IV

Récapitulation des rogueings.

	Superficie	Variété	Rogueing No. 1	2	3	Total	Rogueing No. 1	2	3	Total
Ambalatenina S.C.E. Rogueing + Traitements insectides 1959	7.3	M. 134 32	616	1093	372	2081	193	707	418	1318
	34.5	,,	402	162	106	670	75	82	61	218
TEMOIN Vohipamela BONNET & Fils Rogueing seul	9.0	M. 134 32	—	—	—	—	167	222	89	478
	15.9	NCo. 310	—	—	—	—	173	55	20	248
			Campagne 1958				Campagne 1959			

C. Essais de résistance Fidji

Cet essai est implanté en zone contaminée. La parcelle choisie est au maximum d'écart des cultures industrielles, sur la rive droite de la rivière Iaroka.

La mise en place a été faite en juillet en collaboration par MM. BECHET du MSIRI et SIGWALT, Chef du Laboratoire Fidji à Brickaville.

Le dispositif expérimental se rapproche de la méthode Bureau. Une ligne supplémentaire de cannes contaminantes est intercalée entre les lignes testées, et doit être coupée en décalage des deux lignes normales.

Le milieu contaminant est naturel. La densité des cas de Fidji en place est de 30 % environ.

Vingt-quatre variétés sont testées en 4 répétitions.

Variétés témoins

M. 134/32	Très sensible
NCo-310	Tolérante
Pindar	Très résistante

Variétés testées

Q. 42	B. 34-104	Trojan
Q. 47	B. 37-161	R. 366
Q. 49	B. 37-172	R. 397
Q. 57	S. 17	Pepecuca
M. 31/45	Atlas	Co 301
M 147/44	Vesta	PR 1000
B. 33-37	Ragnar	POJ. 2878

R. 397 en provenance du Lac Alaotra est une erreur. Il s'agit probablement de R. 383 (Mission de M. D'EMMEREZ DE CHARMOY).

Résultats acquis au 31 mai 1960

Les variétés suivantes ont montré des cas de Fidji, par infection secondaire :

M. 134/32	3 cas
NCo-310	1 ,,
M. 147/44	1 ,,

BIBLIOGRAPHIE

R. ANTOINE — 1955 — Observations on sugar cane diseases in Australia and Fiji — M.S.I.R.I. Bull. N° 5.

L. BROADBENT — 1957 — Insecticidal control of the spread of plant viruses — Ann. Rev. Ent pp. 339 — 54.

J. R. BUSVINE — 1957 — A critical review of the techniques for testing insecticides Commonw. Inst. Ent. London.

IMBIBITION RATIONNELLE ET ALIMENTATION DYNAMIQUE DES MOULINS

par

MAXIME RIVIÈRE

Président, Directeur Général,
Sucrerie du Quartier Français, Réunion.

1. L'imbibition

C'est un fait bien connu que les modes classiques d'application de l'imbibition ont une efficacité limitée. En effet, la capacité d'absorption de la bagasse est telle que la quasi totalité du liquide est retenue par une mince couche superficielle, tandis que les couches profondes ne sont pas atteintes. D'autre part, la couche de bagasse sortant d'un moulin reste plus ou moins agglomérée en mottes, si bien que lorsque l'on parvient à faire pénétrer le liquide en profondeur, en profitant par exemple d'une cassure de la couche, on réussit tout au plus à mouiller l'extérieur des mottes.

MAXWELL qui s'est particulièrement attaché à l'étude de cette question, a proposé une solution qui consiste à pulvériser la bagasse au moyen d'un « macerotor » (fig. 1), l'imbibition étant elle aussi appliquée par pulvérisation.

A la fin de 1955, reprenant l'idée de MAXWELL, nous avions installé un dispositif similaire à la sortie de notre 2ème moulin (fig. 2).

Dans ce dispositif la bagasse est projetée contre un écran vertical sur lequel on fait ruisseler le jus d'imbibition. L'absorption du jus par la bagasse est instantanée et le résultat serait parfait si le débit de bagasse était régulier. En fait on observe des pulsations correspondant au passage des mottes de bagasse. D'autre part, ce dispositif nécessite une chute importante à la sortie du moulin, ce qui limite les possibilités d'installations.

En 1956 nous avons essayé avec succès une variante qui consiste à appliquer la nappe de jus immédiatement avant le macerotor (fig. 3).

Il faut, pour que le système soit efficace, que la nappe de jus enveloppe exactement l'extrémité des lames du rotor.

Les résultats obtenus avec ce dispositif ont été assez encourageants pour justifier l'installation d'un deuxième macerotor en 1957 entre le 3ème et le 4ème moulin, et d'un troisième à la sortie du 1er moulin en 1958.

L'inconvénient de ces appareils, lorsqu'ils sont utilisés sur des transporteurs intermédiaires classiques, c'est que la couche de bagasse

Fig. I
Macerotor (Maxwell)

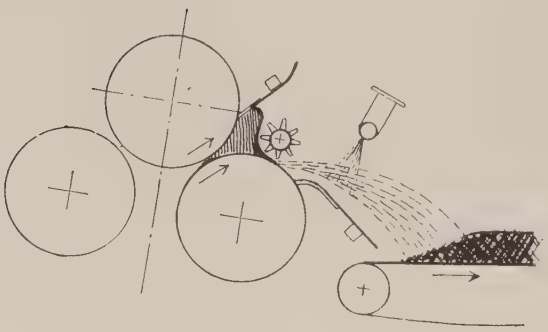


Fig. II
Macerotor (QF 1955)

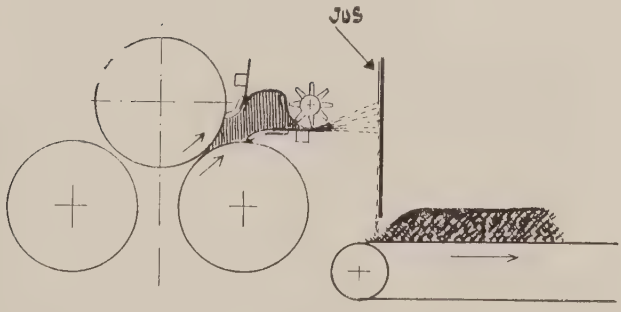
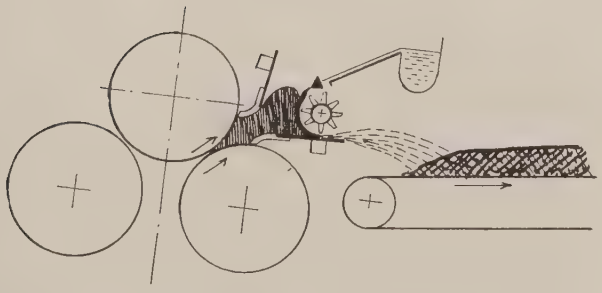


Fig. III
Macerotor (QF 1956)



reconstituée après pulvérisation est plus volumineuse. L'alimentation de nos moulins s'en est trouvée affectée et nous avons dû installer des rouleaux alimentateurs.

Enfin, du point de vue de l'imbibition, il est apparu que certains perfectionnements étaient encore nécessaires pour obtenir une répartition plus uniforme.

La présence des mottes de bagasse provoquant un débit irrégulier, nous avons décidé en 1959 d'installer le macerotor à la sortie d'un couloir Meinecke. La bagasse légèrement comprimée, se présente ainsi en une couche plus homogène et le débit s'est trouvé effectivement régularisé.

D'autre part, nous pensions que l'amélioration obtenue dans la répartition de l'imbibition, devait être attribuée au fait que l'imbibition était appliquée au moment où la bagasse passait en couche mince sous le macerotor.

Il était donc permis d'espérer qu'un gain supplémentaire pourrait être obtenu, en disposant délibérément la bagasse en couche mince sur une surface plane où serait appliquée l'imbibition, le macerotor ne servant plus que de pulvériseur-distributeur de bagasse.

Nous avons donc envisagé d'étaler la bagasse sur un transporteur à bande de vitesse suffisante pour que le débit normal soit assuré avec une couche très mince, de l'ordre de grandeur de la dimension des particules de bagasse les plus grosses. Nous avons ainsi été conduits à adopter une vitesse de 100m/minute, soit environ 10 fois la vitesse périphérique de nos moulins.

L'installation réalisée en 1959, suivant ce principe, a confirmé nos espoirs ainsi que le fait apparaître l'analyse de nos résultats.

Il n'existe à notre connaissance ni définition, ni méthode de détermination officielle de l'efficacité de l'imbibition.

B. L. Mittal (1958) a proposé une définition et des formules intéressantes, mais qui ne tiennent pas compte des retours de folle bagasse. Or, ceux-ci sont très importants et il ne paraît pas possible de les négliger sans fausser les résultats, au point de leur enlever, dans certains cas, toute signification.

E. Hugot propose un mode de calcul beaucoup plus rigoureux qui permet pour chaque poste d'imbibition de comparer le Brix obtenu B à un Brix maximal possible Bm correspondant à un mélange parfait des jus ainsi qu'à un Brix minimal Bo correspondant à l'absence de dilution.

L'efficacité se définit alors comme le rapport :

$$\frac{B - Bo}{Bm - Bo}$$

Faute de données suffisantes, il ne nous a malheureusement pas été possible d'appliquer cette formule à l'analyse de l'efficacité de nos différents postes d'imbibition.

Nous avons donc cherché à déterminer empiriquement l'efficacité globale de l'imbibition en comparant le gain d'extraction obtenu par les moulins de pression humide, par rapport à l'extraction des mêmes moulins en pression sèche, au gain maximum possible tel qu'il peut être déterminé par le calcul, en supposant un mélange parfait des jus

Soit E l'extraction totale obtenue (pression sèche + pression humide)

Eo l'extraction totale obtenue en pression sèche.

Em l'extraction totale maximale possible Em = Ei + (100 — Ei) Er.

Ei l'extraction des moulins de pression sèche (dans notre cas extraction du premier moulin).

Er l'extraction maximale possible des moulins de pression humide.

Er peut être déterminé par le calcul, en fonction du nombre n de moulins de pression humide, de l'imbibition w et de la fibre f ou plus précisément du rapport $k = \frac{W}{f}$

On a (HUGOT p. 219 formule nº 208) en imbibition composée multiple

$$Er = k \frac{k^n - 1}{k^{n+1} - 1}$$

La courbe de la figure 4 donne directement la valeur de

$Er = k \frac{k^3 - 1}{k^4 - 1}$ (cas de trois moulins de pression humide) en fonction de

$E - Eo$ mesure le gain d'extraction imputable à l'imbibition.

$Em - Eo$ le gain maximum possible si l'efficacité de l'imbibition était égale à 100%.

On peut donc définir l'efficacité d'une imbibition donnée par le rapport :

$$r = \frac{E - Eo}{Em - Eo} \times 100$$

Le tableau ci-joint donne les valeurs de r obtenues au cours des cinq dernières années

On notera que l'extraction totale en pression sèche Eo n'a pas été mesurée dans chaque cas mais estimée égale à 88 %.

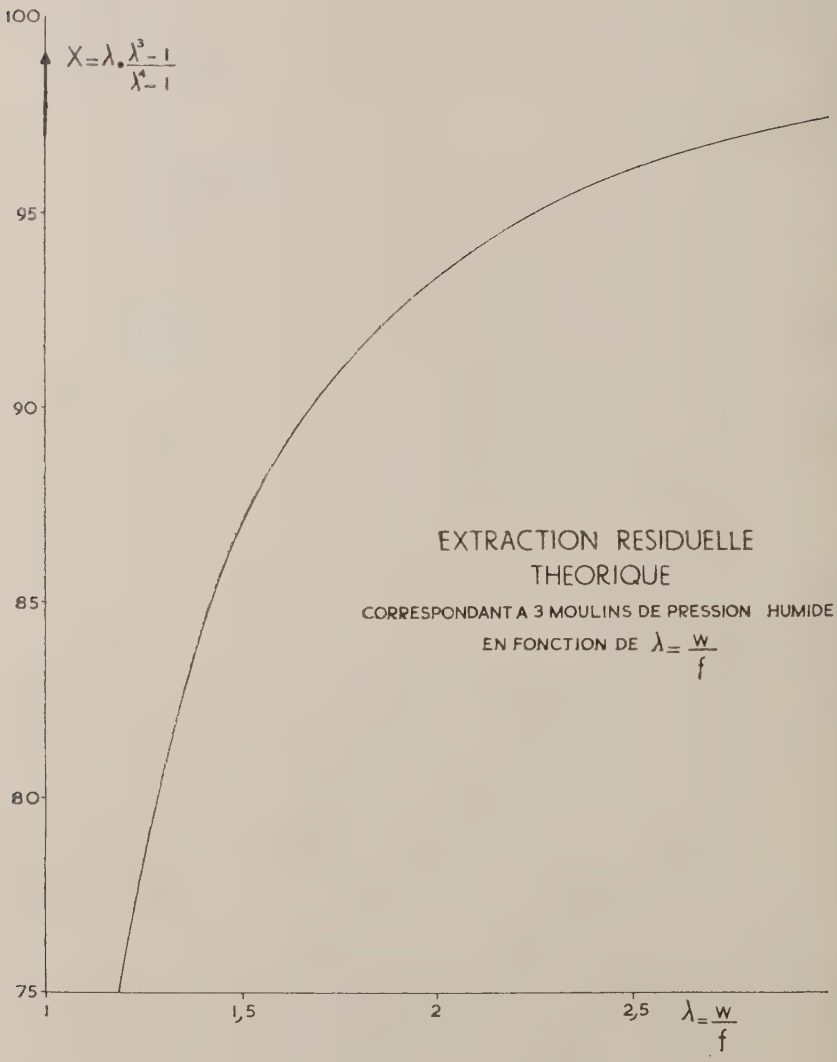
Cette hypothèse nous paraît justifiée compte tenu des conditions de fonctionnement de nos moulins au cours des années considérées.

Nous tiendrons compte, néanmoins, dans l'interprétation des résultats, d'une variation possible de la valeur de Eo, variation qui aurait pu amener un gain d'extraction non imputable à l'imbibition.

EFFICACITÉ DE L'IMBIBITION $r = \frac{Em - Eo}{E - Eo} \times 100$

Année	Mode d'Application			Imbibition cannes	Ligneux % cannes	$\lambda = \frac{w}{f}$	Extraction obtenue E	Ext. pression sèche Eo	Extraction 1er moulin Ei	Extract. (100-Ei) x Er	Extract. maximale possible Em	Efficacité $\frac{Em - Eo}{E - Eo} \times 100$
	1ère imbibition entre III & IV	2ème imbibition entre II & III	3ème imbibition entre I & II									
1955	Classique	Classique	Classique	24,8	13.12	1,89	94,6	88	72 %	25,8 %	97,8 %	67,4 %
1956	Classique	Macerotor	Classique	31,4	12,50	2.52	95,6	,,	72 %	26,9 %	98,9 %	69,7 %
1957	Classique	Macerotor	Macerotor	28,9	12,70	2,28	95,8	,,	73.9 %	24,75 %	98,6 %	73,3 %
1958	Macereror	Macerotor	Macerotor	24.4	12,30	1,98	96,4	,,	74 %	24,2 %	98.2 %	82,3 %
1959	Macerotor	Macerotor	Imbibition "intégrale"	21,8	12,27	1,78	96.6	,,	72 %	25,5 %	97,5 %	90,5 %

Fig. IV


100
95
90
85
80
75
$X=\lambda\cdot\frac{\lambda^3-1}{\lambda^4-1}$
EXTRACTION RESIDUELLE
THEORIQUE
CORRESPONDANT A 3 MOULINS DE PRESSION HUMIDE
EN FONCTION DE $\lambda=\frac{W}{f}$
1
1,5
2
2,5
$\lambda=\frac{W}{f}$

Efficacité de l'imbibition

Quelle est, d'une façon générale la signification des écarts obtenus ? Le calcul d'erreur permet de déterminer dans chaque cas la limite supérieure de l'erreur relative $\frac{\Delta r}{r}$ en fonction des erreurs $\frac{\Delta E}{E}$, $\frac{\Delta EO}{Eo}$, etc. sur les différents paramètres.

On trouve $\frac{\Delta r}{r} < 12 \frac{\Delta E}{E} + 4 \frac{\Delta Eo}{Eo}$

L'incidence des erreurs sur Ei et Er est négligeable.

Les valeurs de r figurant au tableau ci-joint ont été déterminés avec $\frac{\Delta E}{E} < 0{,}1\%$. En supposant $\frac{\Delta Eo}{Eo} = 1\%$, on voit que $\frac{\Delta r}{r} < 5\%$ environ.

Le gain d'extraction obtenu en 1956 après l'installation d'un seul macerotor n est donc pas significatif. Par contre le gain obtenu avec deux macerotors en 1957 (8 % environ) est significatif.

En 1958 l'installation d'un troisième macerotor en troisième imbibition après le 1er moulin) a apporté un gain d'efficacité voisin de 15 %.

Enfin en 1959 l'installation du nouveau système d'imbibition a apporté une amélioration significative par rapport au macerotor utilisé sur transporteur classique. Le gain total d'efficacité par rapport à 1955 a été de 25% environ.

II. Les transporteurs intermédiaires classiques et l'alimentation des moulins.

Nous avons vu que la recherche d'un mode d'application plus efficace de l'imbibition nous avait conduit à envisager l'utilisation d'une bande transporteuse à grande vitesse, de l'ordre de 100 m/minute, en vue de permettre un étalement de la bagasse en couche très mince.

Un tel transporteur pouvait-il faire office de transporteur intermédiaire et assurer directement l'alimentation du moulin suivant ?

Trois conditions nous paraissent nécessaires pour obtenir une bonne alimentation

1 — *Continuité de la couche de bagasse* offerte au moulin, ce qui implique une certaine *cohésion* de cette couche.

2 — *Uniformité de la couche de bagasse :* facteur favorable non seulement à la prise mais aussi à l'extraction dans la mesure où une épaisseur constante se traduit par une *compression uniforme.*

3 — *Homogénéité.* En chaque point de la couche de bagasse, le poids de ligneux par unité de volume doit être constant : condition nécessaire pour que chaque particule de bagasse soit soumise à la *même pression.*

Ce sont du reste ces trois conditions qu'exprime le fameux principe " Dont disturb the blanket " principe que l'on s'est longtemps appliqué à respecter et auquel répond la conception de la plupart des transporteurs intermédiaires classiques.

On suppose évidemment que ces conditions existent à la sortie du moulin amont. Et il en était bien autrefois lorsque la seule préparation subie par la canne était le passage au défibreur. La structure grossière de la couche de bagasse lui assurait alors une cohésion qui n'était pratiquement pas modifiée par les pressions successives, les cylindres étant peu ou pas rainurés.

Il suffisait donc d'adopter une vitesse égale ou légèrement supérieure à la vitesse périphérique des cylindres pour obtenir d'un bout à l'autre de la batterie une seule couche continue, uniforme et homogène.

Mais avec l'apparition des premiers coupe-cannes et surtout des shredders, l'alimentation des moulins est devenue un problème difficile et irritant. La bagasse étant de plus en plus divisée, la couche obtenue à la sortie du moulin a perdu sa cohésion. Une partie de la bagasse adhère au cylindre supérieur. Décollée par la raclette, elle retombe en mottes. La couche inférieure à son tour, se disloque au passage de la raclette inférieure. Ainsi, avant même d'avoir atteint le transporteur intermédiaire, la couche de bagasse a perdu deux de ses caractéristiques essentielles, sa cohésion et son homogénéité, et aucun transporteur intermédiaire ne peut lui restituer ces deux qualités. Le mal est au contraire aggravé dans certains types de transporteurs (effet de la chute dans un transporteur à rateaux, pression des rateaux, etc...).

Dans les meilleures conditions (transporteurs à persiennes ou à bande type FARREL), la bagasse conserve à l'entrée du moulin suivant sa structure hétérogène.

Une première conséquence de cette modification de structure a été l'apparition de *l'alimentation forcée* destinée à reformer la couche de bagasse à l'entrée du moulin, à la comprimer pour diminuer son épaisseur et lui redonner une certaine cohésion.

Les choses en sont venues au point que l'on ne concevra bientôt plus de moulins sans alimentation forcée ; alimentation par gravité avec les chutes impressionnantes chères au Dr. KERR, rouleaux alimentateurs, « pressure-feeders » australiens ont de plus en plus de faveur.

Cependant les dispositifs d'alimentation forcée ne modifient pas la distribution de la fibre au sein de la couche de bagasse.

Seule une pulvérisation systématique, dès la sortie du moulin amont, pourrait rétablir l'homogénéité nécessaire à l'application rationnelle de la pression suivante.

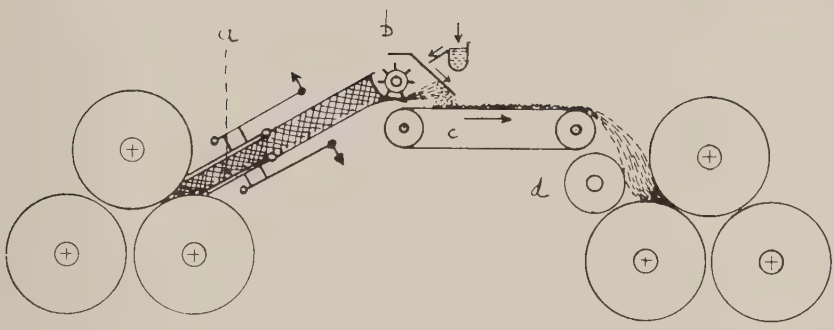


Fig V Système d'imbibition "intégrale" et d'alimentation dynamique.

MAXWELL avait d'ailleurs revendiqué comme avantage subsidiaire de son « macerotor » une amélioration de l'extraction, s'appuyant sur des expériences de DEERR en 1910 aux Hawaii, d'après lesquelles la pulvérisation de la bagasse avant pression procurait un gain d'extraction par le simple fait du changement de position relative des particules de bagasse. Nous serions plutôt enclins à penser que le gain doit être imputé à une plus grande homogénéité qui assure à chaque particule de bagasse le maximum de pression.

Quoiqu'il en soit de ces réflexions ou de ce hypothèses, nous en avions conclu que nous n'avions rien à perdre en abandonnant les transporteurs classiques pour un transporteur à bande à grande vitesse qui avait du moins sur eux trois avantages :

1 — Possibilité d'application rationnelle de l'imbibition.

2 — Transport de la bagasse effectué dans des conditions beaucoup plus rationnelles par un appareil trois fois moins coûteux et consommant dix fois moins de puissance parce que léger et rapide — propreté absolue — entretien quasi nul.

3 — Débit régulier de bagasse préalablement homogénéisée par pulvérisation.

L'installation (1) fut finalement réalisée conformément au schéma de principe de la fig. 5. Elle comprend essentiellement.

— un élément Meinecke avec raclettes réglables (a)
— un pulvériseur-distributeur de bagasse (b)
— un transporteur à bande de caoutchouc (vitesse de translation 100m/minute) (c)
— un rouleau alimentateur (d)

Dès la mise en service de l'installation, il fut évident que le système offrait un autre avantage beaucoup plus important et sur lequel nous n'avions pas compté : l'effet d'alimentation dynamique procuré par la vitesse.

La nappe uniforme de bagasse imbibée qui se forme sur le transporteur est lancée horizontalement à 100m/minute. Elle décrit une trajectoire parabolique avec une faible dispersion et vient se tasser à l'entrée du moulin.

Non seulement l'énergie cinétique de la nappe de bagasse se transforme en pression à l'entrée du moulin, mais il y a de plus un effet de tassement par vibrations. Il en résulte une homogénéisation de la couche de bagasse formée entre le rouleau alimentateur et le cylindre supérieur.

(1) Brevet No. P. V. 822. 155.

L'alimentation s'est trouvée améliorée au point qu'il nous a été possible de conserver le même réglage que l'année précédente malgré une augmentation de tonnage de 10% et cela en réduisant la vitesse des moulins de 10%.

Ainsi, nos recherches sur l'imbibition nous ont conduit à une conception dynamique de l'alimentation des moulins.

Au cours de ces essais, certains facteurs favorables à l'extraction par une application plus rationnelle de la pression, nous sont apparus.

De nouvelles recherches permettront peut-être de vérifier ce qui reste pour l'instant de simples hypothèses.

Caracteristiques des équipements de préparation et de broyage

Préparation — 1 niveleur de cannes
— 1 coupe-cannes 120 cv — 500 t/m — 16 couteaux réglage 300 m m.
— 1 coupe-cannes « Meinecke » 250 cv — 750 t/m — 68 couteaux réglage 25 m/m.

Alimentation — Régulation automatique par palpeur et contrôle électronique de la vitesse du transporteur de cannes.

Broyage — Quatre Moulins

— 2 moulins F.L 32" x 66" menés par une machine à distribution mixte 1,200 cv. Vitesse des cylindres : 4,5 t/m.
— 2 moulins cail 36" x 78" menés par une corliss 800 cv. Vitesse des cylindres : 4 t/m.

Capacité — Extraction

	1955	*1956*	*1957*	*1958*	*1959*
T.C.H.	71,6	79,6	81,3	74	80
Imb. % fibre	189	252	228	198	178
Extr. réduite	94,9	95,6	95,87	96,35	96,53
Pol. bagasse	2,82	2,42	2,31	1,81	1,77

QUELQUES PROPOS PSYCHOLOGIQUES ET PRATIQUES SUR L'AUTOMATISME

par

JOSEPH DUMÉE DUVAL

Ingénieur-Electricien

L'extraordinaire évolution de la technique au XIXe et au XXe siècles a obligé toutes les institutions économiques à se transformer pour être à même de répondre aux exigences d'une production de masse dans un monde aux besoins théoriquement illimités.

Aujourd'hui la machine se substitue de plus en plus à l'homme et favorise la création d'énormes unités économiques. Nous constatons que l'entreprise conçue par l'homme qui en est l'architecte tend à faire de lui son serviteur ; de même, la machine qui devait lui faciliter le travail, économiser ses forces, lui permettre de vivre dans des conditions plus faciles du point de vue matériel et intellectuel, en fait son esclave. Il ne s'agit pas de regretter le temps passé, ce qui serait ridicule et inutile. Les conquêtes irréversibles de la machine et les bouleversements qu'elle entraîne dans tous les aspects de la vie moderne sont indiscutables. Mais la situation présente nous invite cependant à faire quelques constatations. Tout d'abord, l'élimination toujours plus forte de l'artisan au profit de l'ingénieur qui devient vraiment l'élément technique dominant et essentiel de notre monde industriel. Une deuxième constatation qui relève d'une observation faite plus haut et qui apparaît comme un véritable paradoxe est la suivante : les découvertes mécaniques, électriques, etc... qui surgissent à un rythme inouï et étourdissant devraient être avant tout destinées à simplifier le travail, à alléger l'effort des hommes, à se substituer à eux. Mais qu'en est-il en réalité ? Au lieu de permettre à l'ingénieur en chef de se libérer peu à peu de la servitude de l'entreprise, cette abondance de techniques et d'inventions a pour effet de l'accaparer plus que jamais et surtout de l'assujettir dans une mesure telle qu'il n'en résulte pour lui aucune amélioration dans ses conditions de travail. Il se trouve pris dans un engrenage dont il ne peut plus se dégager. Et voici le paradoxe : la machine qui devait soulager l'homme qui est aux responsabilités, trop souvent l'épuise. Est-il permis de citer ici un mot assez piquant que l'on attribue au baron Rothschild : « Il y a trois manières de se ruiner ; le jeu, les femmes et les ingénieurs. Les deux premières sont plus agréables, mais la troisième est plus sûre ". Sans doute cette boutade un peu osée ne reflète-t-elle pas tout à fait et toujours la vérité ; mais considérée dans l'esprit, et non pas à la lettre, elle ne manque pas de perspicacité. Une dernière constatation psychologique et peut-être la plus dangereuse causée par les développements techniques, m'a été fournie dans une conférence prononcée en octobre 1948 à l'Institut Royal de

Technologie de Stockholm par M. M Kowarski, directeur des Services scientifiques au Commissariat à l'Energie atomique. Il disait que: " pour des raisons évidentes, il est aussi facile de tricher dans la science que dans les déclarations de revenus imposables. Le nouveau genre d'organisation, où les experts en techniques peu répandues et les porteurs d'éruditions rares sont souvent dirigés et supervisés par des non-spécialistes, offre un champ de plus en plus vaste à ceux qui frauduleusement, s'attribuent des compétences que personne ne peut évaluer et se vantent de résultats que personne ne peut contrôler. Ces débrouillards sont rompus à l'art d'entraîner leurs supérieurs dans des situations où ces derniers hésitent à avouer leur incompétence." Qu'il me soit permis d'ajouter quelques mots, en disant que l'une des armes de ces charlatans est l'emploi judicieux de certains mots magiques dont le sens précis n'est guère connu que d'un petit nombre de spécialistes. Par exemple, " électronique ", " servomécanisme ", " cybernétique ", " feed back ", etc.. sans parler de termes à sensation, tels que " robot ", " cerveau artificiel ", etc... Il suffit de prononcer ces mots d'un air entendu dans les salons où à l'usine pour se forger une réputation de scientifique et forcer l'admiration et la déférence de ceux qui ne sont pas dans le coup.

Je vais essayer de préciser le contenu fonctionnel et technique de quelques uns de ces termes. Comme presque tous les systèmes automatiques en usage chez nous sont des systèmes asservis, commençons par cette notion: tout mécanisme a pour but d'établir, avec une certaine précision, des relations fonctionnelles bien définies entre un certain nombre de causes utiles ou commandes et un certain nombre d'effets, en dépit de l'action des diverses causes perturbatrices agissant sur le système. La solution apportée à ce problème consiste à comparer à chaque instant les valeurs actuelles des effets à leur valeurs désirées et à agir sur le système de manière à réduire leurs différences. On peut donc dire qu'un système asservi est un système dont le fonctionnement est régi par l'écart de son comportement actuel par rapport au comportement désiré. On voit donc qu'un tel système constitue un système de zéro automatique. Les valeurs désirées des effets sont définies par des grandeurs de référence qui peuvent être de même nature que les effets ou de nature différente. Dans le langage des systèmes asservis, les grandeurs de référence et les effets sont respectivement désignés sous les noms de Grandeur d'entrée et Grandeur de sortie (Fig 1). Dans un système en chaine ouverte, les organes de réglage et de commande ne sont pas sous la dépendance des effets, qui prennent donc des valeurs dépendant non seulement des commandes, mais encore des perturbations extérieures. Au contraire, dans un système bouclé, la mesure des effets provoque une action auto-correctrice qui tend à les ramener à leurs valeurs désirées quelles que soient les perturbations extérieures venant troubler le fonctionnement du système. Considérons par exemple, un groupe Ward-Leonard (Fig. 2) constitué par une génératrice à courant continu alimentant l'induit d'un moteur à courant continu à excitation séparée constante. Il est possible de faire varier le courant d'induit et, par suite, la vitesse du moteur au moyen du rhéostat de champ de la

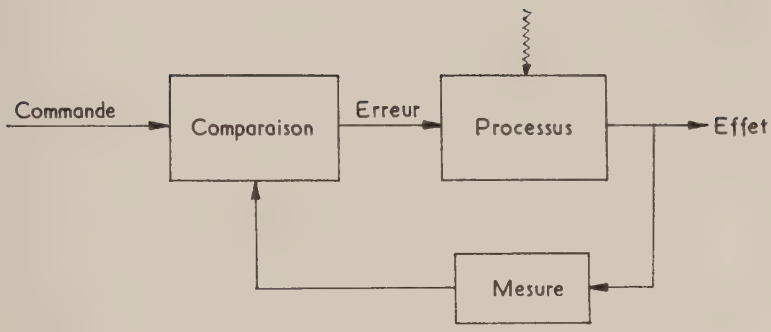


Fig. 1 — Schéma d'un système asservi.

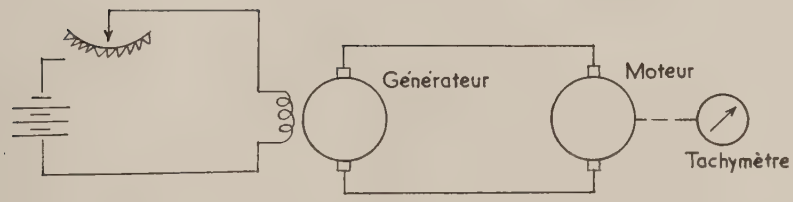


Fig. 2 — Groupe Ward-Leonard (Système ouvert).

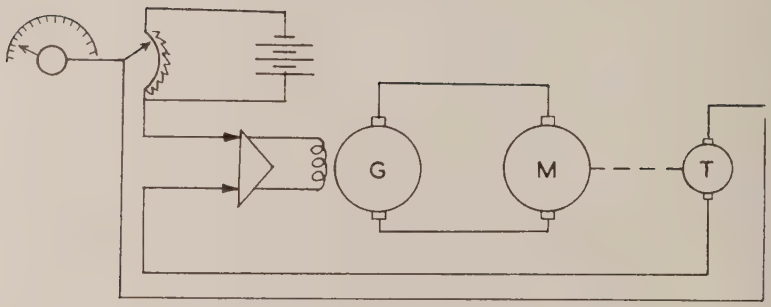


Fig. 3 — Régulateur de vitesse électrique à groupe Ward-Leonard.

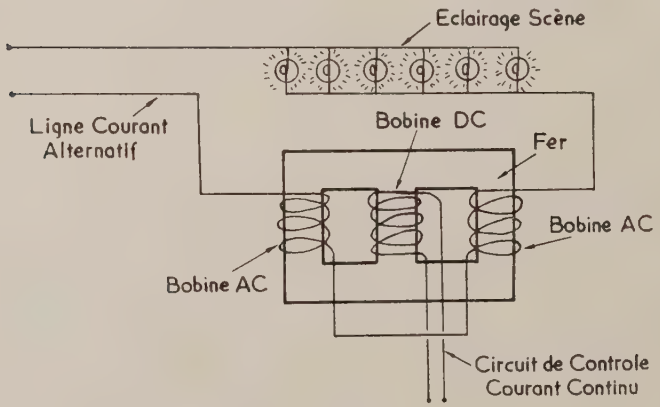


Fig. 4 — Contrôle de l'éclairage d'un théâtre au moyen d'un transducteur.

génératrice. Pour un réglage donné de ce dernier, une vitesse constante du rotor de la dynamo, un flux inducteur constant du moteur et un couple résistant constant, la vitesse du moteur est bien déterminée. Mais elle varie dès que l'un de ces facteurs vient à varier. Nous avons donc affaire ici à un système ouvert ne comportant pas d'action auto-correctrice.

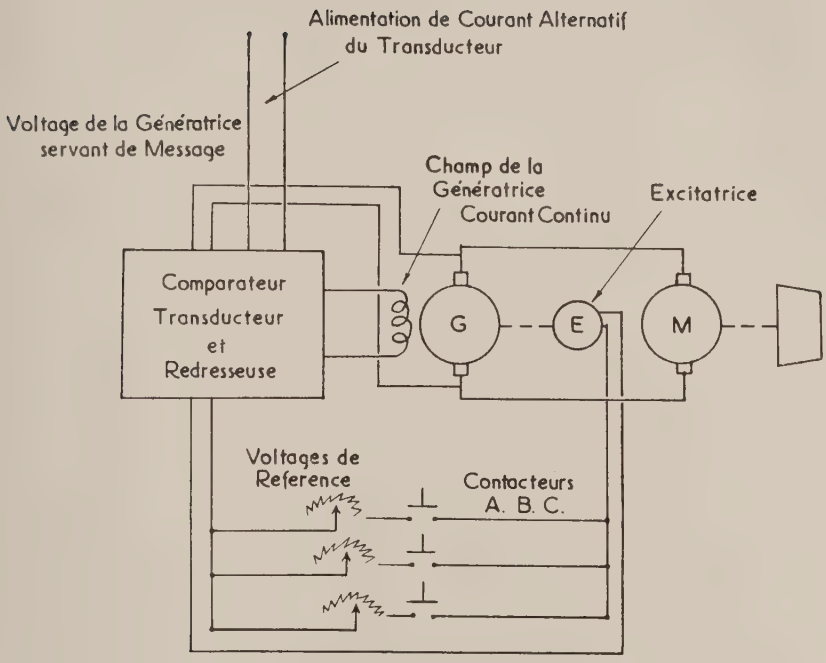
Demandons maintenant à un opérateur de manœuvrer le rhéostat de manière à maintenir au moteur une vitesse fixe. Nous avons donc un système bouclé dont la fonction correctrice est assurée par l'homme, qui fait partie intégrante de la boucle. Cependant la vitesse assez faible de l'influx nerveux ne permet pas à l'homme de répondre rapidement en cas de perturbation brusque, et de hautes performances de précision ne peuvent être obtenues qu'en lui substituant un dispositif automatique. Puisque nous y sommes, commençons par le régulateur électrique de vitesse. Ici, la grandeur d'entrée est constituée par la position angulaire d'un index mobile devant un cadran gradué en vitesse. La grandeur de sortie est la vitesse du moteur. Nous désirons que cette dernière conserve, avec une certaine précision, la valeur affichée sur le cadran quelles que soient les variations du couple résistant et de la tension du secteur d'alimentation à l'intérieur de limites prescrites. Le système étant de nature électrique, il est naturel de traduire la commande et l'effet sous la forme de tensions électriques. La position de l'index est traduite au moyen d'un simple potentiomètre dont la tension de sortie est proportionnelle à la position angulaire de son curseur et la vitesse du moteur par une génératrice tachymétrique dont la tension est proportionnelle à sa vitesse de rotation. Bien entendu, la tension d'alimentation du potentiomètre est choisie de telle manière que, pour une position donnée de l'index, la tension potentiométrique soit égale à la tension tachymétrique correspondant à la vitesse affichée. Les deux tensions peuvent alors être comparées dans un organe appelé comparateur de manière à élaborer leur différence et tension d'erreur. Dans le cas le plus simple, le comparateur sera simplement constitué par un jeu de bornes permettant de mettre les deux tensions en opposition. La tension d'erreur, convenablement amplifiée, contrôle le courant d'excitation de la dynamo de manière à le faire croître si la vitesse diminue et inversement. Nous avons ainsi constitué une boucle fermée, la boucle d'asservissement, constituée par deux chaines : (1) une chaine d'action comprenant le comparateur, l'amplificateur et le moteur (2) une chaine de réaction aussi appelée feed back, comprenant le tachymètre électrique. (Fig. 3).

Il est facile de se rendre compte que les deux chaines jouent des rôles essentiellement différents. Il est clair que la précision est d'autant meilleure que le gain de l'amplificateur de la chaine d'action est plus élevé. Mais l'obtention d'une précision donnée n'est pas liée à une valeur particulière du gain de la chaine directe ; il suffit que ce dernier demeure supérieur à une valeur minimum dictée par les considérations de précision. Considérons le cas limite idéal d'un amplificateur d'erreur de gain infiniment grand. Dans ce cas, l'erreur ne peut qu'être nulle à tout instant et le

rapport de transmission de l'ensemble est exactement égal à l'inverse de celui du tachymètre: autrement dit, la précision de l'ensemble ne dépend plus que de celle de la chaine de réaction et elle est rigoureusement indépendante de toutes les perturbations. On peut dire en somme que les deux chaines sont en quelque sorte spécialisées, la chaine d'action fournissant la puissance demandée par la charge mécanique ou, plus exactement, contrôlant son transfert, et la chaine de réaction assurant la précision de la régulation. Alors que la première est essentiellement transformatrice d'énergie, la seconde véhicule un message contenant une certaine information, en l'espèce la vitesse instantanée du moteur, destiné à réagir sur le fonctionnement de la chaine directe dans le but de réduire l'erreur. Disons tout de suite qu'on ne peut pas augmenter le gain de la chaine d'action sans risquer de voir apparaître le phénomème de «pompage», caractérisé par une réduction dangereuse de l'amortissement pouvant même entraîner l'auto-oscillation entretenue. Le compromis entre les exigences contradictoires de la stabilité et de la précision, ne peut généralement résulter que de l'adjonction au système d'organes annexes très importants appelés correcteurs.

Le temps me manque pour examiner en détail les correcteurs et les autres systèmes asservis, tels que les intégrateurs electromécaniques, les chaines de réaction, etc., mais je voudrais dire quelques mots sur le principe du contrôle de vitesse de la centrifuge suédoise ASEA dont on installe une batterie à Mon Loisir pour la campagne 1960. Vous avez probablement dû entendre parler des amplificateurs magnétiques ou transducteurs. Ces dispositifs, dont le fonctionnement repose sur les propriétés de saturation des matériaux magnétiques à haute perméabilité et à faible hystérésis, présentent l'avantage d'être tout à fait comparables aux transformateurs en ce qui concerne leur sécurité de fonctionnement et leur absence quasi totale d'entretien. Ils sont plus robustes que les systèmes électroniques, mais on leur reproche souvent de ne pas être susceptibles d'une réponse rapide. Dans le domaine des asservissements électro-mécaniques, ce reproche n'est que partiellement fondé car les réponses ultrarapides ne sont généralement exigées qu'en laboratoire. Avant de faire leur chemin dans l'industrie, les transducteurs servaient de contrôle pour doser l'éclairage des scènes de théâtre comme l'indique la figure 4.

Ce sont des réacteurs à noyeau de fer comprenant plusieurs enroulements. Le courant alternatif passant dans ces enroulements est gouverné avec une grande rapidité par un courant continu passant dans un enroulement de contrôle. Comme le courant de contrôle est faible comparé à la puissance alternative transportée par ces réacteurs, nous obtenons une grande amplification de puissance, et une grande variation du côté de la sortie. Le courant de sortie après rectification dans des redresseuses statiques alimente un enroulement de champ de la génératrice du groupe Ward Leonard dont nous avons vu le fonctionnement plus haut, contrôlant de ce fait la vitesse du moteur entraînant notre centrifuge. Le courant de contrôle assurant les différentes vitesses est une résultante obtenue en comparant à chaque instant le voltage de la génératrice avec différents



A = Vitesse de Chargement
B = Vitesse d'Essorage
C = Vitesse de Grattage

Fig. 5 — Contrôle des vitesses de la centrifuge ASEA au moyen d'un transducteur.

voltages de référence obtenus au moyen de plusieurs rhéostats mis alternativement en circuit par plusieurs contracteurs. Au fur et à mesure que le voltage de la génératrice augmente, la différence entre celui-ci et le voltage de référence diminue, jusqu'à ce que les deux soient égaux, et nous obtenons ainsi une condition stable correspondant à la vitesse requise. Pour le freinage on se sert d'un voltage de référence à polarité contraire, donnant un champ magnétique inverse à la génératrice ralentissant ainsi le moteur jusqu'à l'arrêt complet. Il m'est impossible aujourd'hui de vous expliquer en détail le fonctionnement complet de ce système ainsi que des correcteurs annexes, mais j'espère que ce petit aperçu vous aura été de quelque utilité et intérêt.

AUTOMATION AND SOME ASPECTS OF ITS APPLICATION TO BOILERS IN THE SUGAR INDUSTRY

by

FÉLIX ADAM

Mechanical Engineer, Beau Plan S. E.

Introduction

During the past few years, the sugar industry, following the example of other process industries, has started to apply automatic control in various phases of sugar manufacture. This is mainly due to the fact that man-power is becoming more and more expensive. In Mauritius the problem of expensive man-power has not yet become as serious as in other cane producing countries like Hawaii and others having a high standard of living. Nevertheless one must not forget that what is a problem for another country to-day might become a serious problem for us in a few years. It can be pointed out here that the main objects of automation are to enable the manufacture of a better product at lower cost. It also serves the purpose of safety to personnel and equipment.

In this light I shall try to point out a few basic principles of automatic process control, and discuss the application of these principles in some phases of the manufacture of raw cane sugar.

What is automation ?

Automation is a word which describes a technique. In its strictest sense it implies automatic control which is self correcting or self regulating. In any automation application the concept of self correction is a key factor. This is usually referred to as feedback. Take the example of the cane carrier driver ; when the crusher does not have enough cane, his eyes detect this and send the information to the control centre, his brain, which in turn orders his hands to accelerate the carrier drive. If he accelerates too much the crusher will start to choke, his eyes detect this again and he slows down the carrier. This process continues until the crusher receives the correct amount of cane, the eye has served the function of the feedback loop essential to the satisfactory operation of any automatic control system.

There are two major divisions in automatic control systems. One is the analog system. the other the digital system. In process industries the analog system is the one which is most widely used ; this is because the main controlled variables are temperature, pressure and concentration. The information sent to the control centre is in the form of electrical signals ; mechanical movements or pneumatic pressures. These signals are all proportional or analogous to the variables they represent. In the case of concentration or brix, for example, the resistivity of the massecuite is proportional or analogous to the concentration of that massecuite.

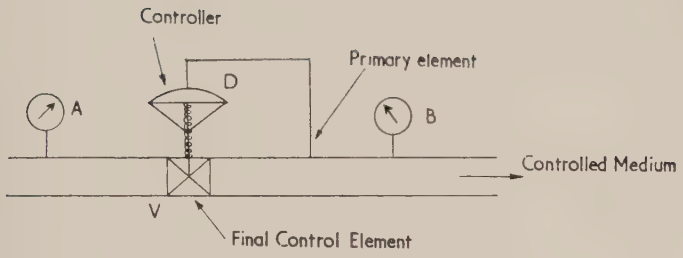


Fig. 1 — Self-operated controller (Air pressure controller).

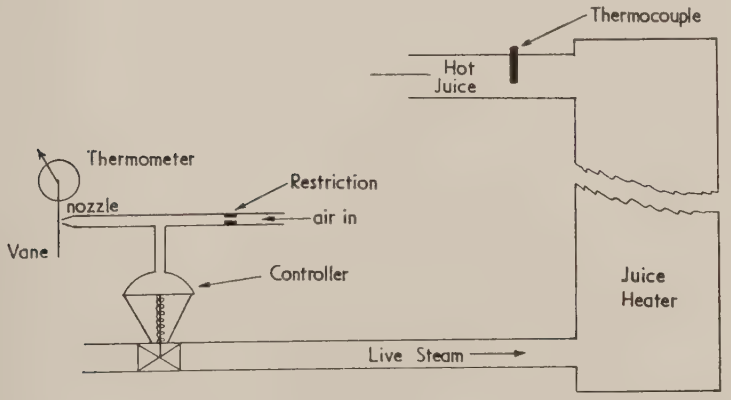


Fig. 2 — Relay operated controller (Juice temperature controller).

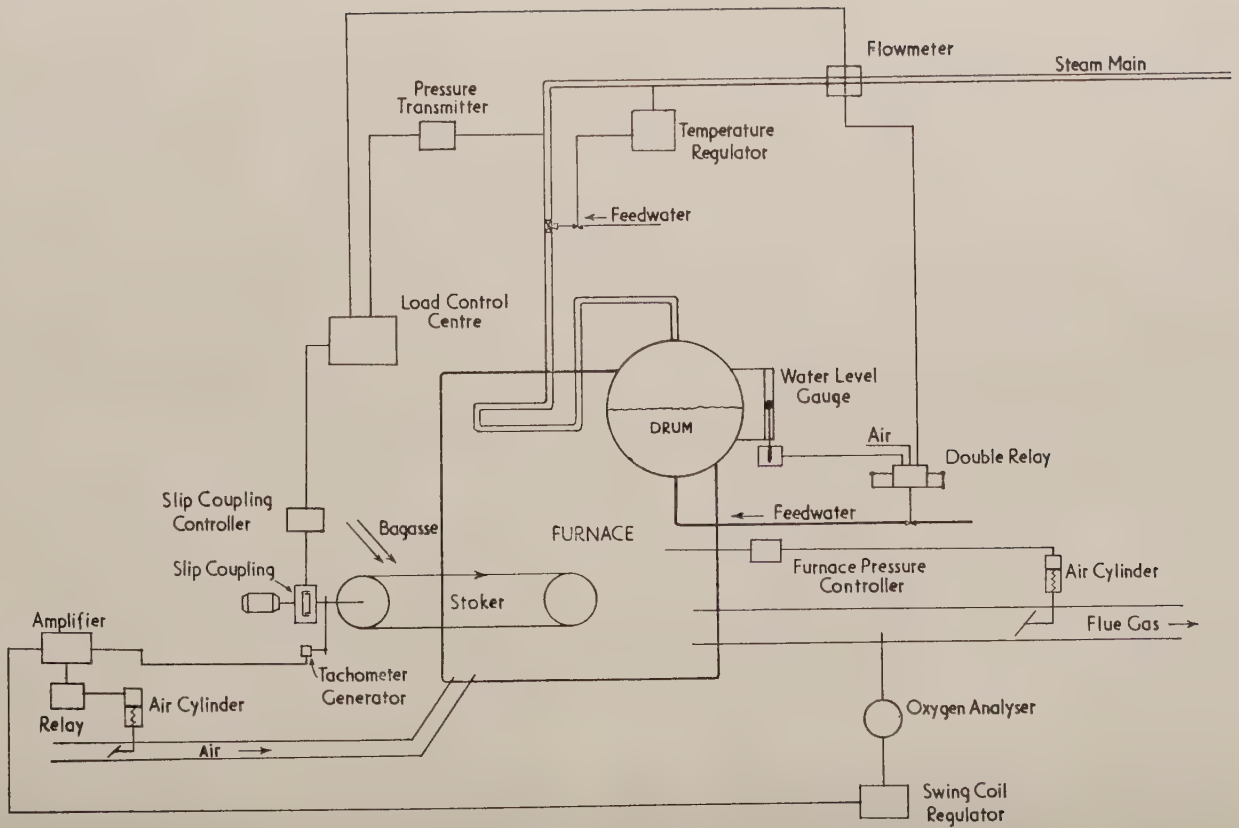


Fig. 3 — Automatic boiler control system

Digital control system is used in missile guidance, automatic machine tools and automatic business machines. The reason for selecting digital control system for these applications is the accuracy required. In a digital system work is with numbers which are mathematically related to the controlled variable. In the following discussion only the analog system will be considered.

Types of automatic controllers

Automatic controllers may be classified into 2 basic types :

Self-operated controllers.

Relay operated controllers.

A self-operated controller is one in which all the energy necessary to operate the final control element is derived from the controlled medium through the primary element.

An example of this type of controller is the pressure regulator used on the air supply line of automatic sugar centrifugals (Fig. 1). In this regulator as the pressure of b rises above the desired value, it forces the diaphragm D downwards thus closing the valve V, as the pressure falls below the desired value, the reverse process occurs.

A relay operated controller is one in which the energy transmitted through the primary element is either supplemented or amplified for operating the final control element by employing energy from another source. A relay operated controller must have at least one source of energy other than that derived from the control medium through the primary element to operate the final control element. This source of energy may be pneumatic, electric, hydraulic or a combination of these. An example of relay operated controllers may be illustrated by the regulation of juice temperature coming out of the juice heaters. In this case the heat is supplied to the juice by means of exhaust steam in variable quantities to be adjusted by the controller. The desired final temperature of the juice is 100°C. If at some time there is a variation in the juice supply and its temperature falls to 95°C, the thermometer detects this deviation and measures it. By the mechanical movement of its indicator, which is analogous to the temperature drop, it moves a light metal vane in front of a small nozzle. When the vane covers the nozzle, the back pressure in the pipe is increased and this pressure is used to open a pneumatic diaphragm valve, thus admitting more steam in the shell of the juice heater (Fig. 2).

Application of automatic control in sugar factories

The major applications of automation in a sugar factory are : mill tandem feeding, steam generation, vacuum pan control and automatic sugar centrifugals. The problem of automatic feeding of the mills has been dealt with in a very comprehensive manner by M. RIVIÈRE during our sugar congress of 1958 ; therefore we will not consider it here. In this paper we will take up the problem of automatic control of boilers only.

Automatic control of boilers

Many factories have installed modern water tube boilers, and some of

them are planning to add automatic control to these boilers. It would therefore be interesting to devote more time to discuss this control problem as fully as possible in order to illustrate the principles of automation.

In a fully automatic steam generating plant, the variables to be controlled are : steam pressure, steam temperature, water level, combustion and combustion pressure. The variation in steam pressure is a direct indication of the variation in load. Moreover, it can be pointed out that all these variables are closely related to each other. To illustrate this we will assume that we are in possession of a non-automatic boiler. At a given instant there is a substantial increase in the steam demand, the immediate result will be a drop in steam pressure and temperature ; as there is no control system to regulate the combustion and fuel feed the energy input to the boiler remains the same and it is not sufficient to cope with the increased demand. We are now in presence of an unbalance between the fuel input and the steam output of the boiler. This unbalance will increase until the steam pressure drops to an objectionably low value. As the steam pressure decreases there is more of that steam required to drive the prime movers, therefore there is more water evaporated and the rate of feed water supply must be increased. If this is not done the water level will fall down dangerously. We have seen here what are all the effects of a single disturbance over the performance of a steam generating plant. In all the boilers found in industry there is some form of automatic regulation of draught, a current example being the Mason used to increase or decrease the speed of the induced draught fan as the steam pressure falls or rises. This regulation is supplemented manually by the man feeding bagasse in the furnace and by the man operating the feed water inlet valves.

This method has a drawback if one considers the economic importance of having a regular supply of steam at fixed condition ; there is some hunting causing fluctuations in the steam pressure. The fluctuations occur because the Mason cannot anticipate a fall in steam pressure due to an increase in load. In modern automatic boilers a steam flowmeter signals an increase in load to a control centre which then acts as follows : It increases the speed of the stoker to bring in more bagasse to the furnace. Oxygen, or air, will then be required in larger amount to burn this additional fuel, so the draught is increased and the feed water supply is also increased to provide for higher rates of evaporation. During this process overshooting might occur if the principle of feedback was not applied. This is performed by instruments detecting and measuring any deviation from the set conditions of operation, and sending the information to the control centre. These instruments are : water level gauge, steam pressure gauge, combustion chamber pressure gauge and flue gas analysis. The annexed diagram shows how all these elements are interconnected (Fig. 3).

The fuel supply system is controlled by varying the speed of the stoker which is driven by an electric motor through a magnetic slip coupling of the same type as the one used in cane carrier drives. Control of the drive is achieved in the following way (Fig. 4) : As the steam flow increases the mercury level falls in the limb (a) of the U-tube carrying the soft iron float (b) with it. The

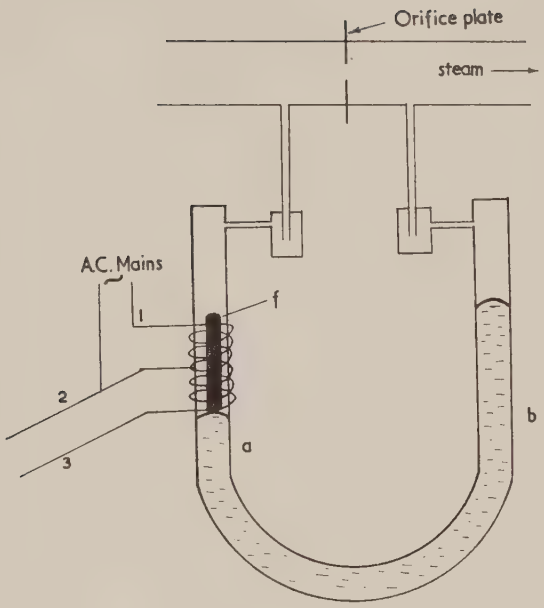


Fig. 4 — Primary element of steam load controller.

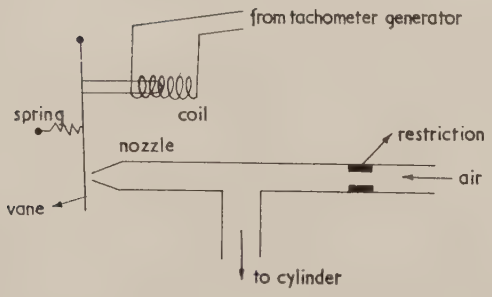


Fig. 5 — Controller for air admission to boiler.

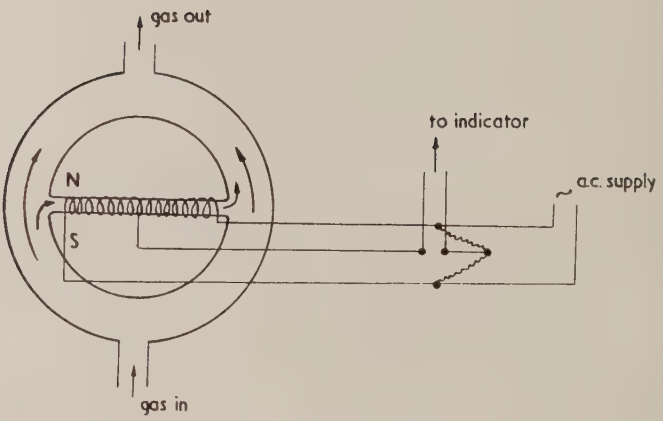


Fig. 6 — Continuous oxygen analyser.

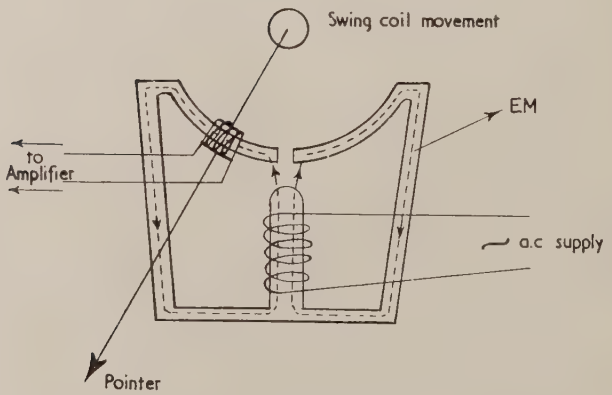


Fig. 7 — Swing coil regulator.

float acts as the core of a variable induction bridge arrangement, aud as it is lowered in the coil it increases the current induced through 2, 3. This current, which is proportional to the flow of steam, is amplified and rectified and is fed to the exciting field of the magnetic coupling and increases the speed of the stoker. This current is also used to activate the pneumatic relay which opens the feed water valve.

In order to maintain correct combustion, the relative proportion of air to bagasse must remain at an optimum value. Therefore, after the furnace has been provided with more bagasse, it must be provided with more air to burn that excess fuel. An electric tachometer generator is installed after the slip coupling of the stoker. The leads of that generator are connected to a plunger coil arrangement as shown in fig. 5. As the speed increases, the plunger moves inside the coil, carrying with it the light metal vane of a pneumatic relay. The air pressure increases and opens the inlet air port by means of a single acting pneumatic cylinder.

The air-fuel ratio is not exactly the same for all conditions of load ; its optimum value being indicated by the percentage of CO_2 and/or O_2 in the flue gases. In modern boiler design the trend is to use continuous oxygen analysers instead of CO_2 recorders. The determination of residual oxygen in the flue gases is a more precise means of evaluating the excess air used for combustion, than the intermittent recording of CO_2. It also has the advantage of being continuous and of using a single apparatus. The apparatus employed here is the paramagnetio oxygen analyser, using the magnetic wind principle.

Among the gases usually present in the flue gases, oxygen is the most strongly paramagnetic (i.e. attracted by a magnetic field), cold oxygen being more readily attracted. Most of the others are only very slightly paramagnetic and the rest is diamagnetic. Therefore it can be assumed that only oxygen will influence the analyser. A diagram of the instrument is shown in fig. 6. The flue gas sample flows round the annular chamber across which is mounted a thin glass tube. A platinum wire is wound around the tube to act as an electric heating element. The winding is tapped in the middle, and the two halves from two of the arms of a Wheatston bridge. The left half of the tube is surrounded by a strong magnetic field, N S, produced by a permanent magnet. When the gas sample contains oxygen, this gas is attracted into the magnetic field at the left hand side of the tube, the residual gas being displaced towards the right because it is less paramagnetic. This results in a magnetic wind being created from left to right through the cross tube, and the velocity of that wind is proportional to the concentration of oxygen in the sample. The magnetic wind cools the platinum winding, and as its direction is from left to right it is obvious that it will cool the left half more than the right one, causing the electrical resistance of the left half of the winding to drop below that of the right half. The resulting unbalance of the Wheatston bridge is recorded by a potentiometer as oxygen percentage.

A swing coil regulator is mounted on the potentiometer in order to

amplify and send the signal to the controller. A diagram of the swing coil regulator is shown in fig. 7.

A swing coil is rigidly attached to the pointer of the electrical measuring unit (moving coil instrument, for example). The swing coil moves in the alternating field of the magnet E M which is provided with a winding fed from A C mains. As the pointer moves to one side of the field a voltage proportional to the flux embraced by the coil is induced in it. For the same corresponding position of the coil on the opposite side, a voltage of the same value but of inverse polarity is induced in it. This voltage is amplified to operate the pneumatic relay controlling the inlet air vane.

When more air and fuel are admitted into the combustion chamber more combustion products are formed and the gas pressure rises if the induced draught is not increased. This control is performed by an ordinary bellows type manometer coupled to a pneumatic relay.

The water level control system uses a primary element of the same nature as the one used in the load control system, that is a variable induction bridge. Here the soft iron core is attached to a ball float in the water level gauge. As the water level decreases the core is lowered into the coil and more current is induced. This current is amplified and sent to the pneumatic relay of the feed water valve. This relay is a double one, as it has to act in accordance with 2 signals : increased steam flow and low water level.

The steam temperature is controlled by a swing coil regulator system. The thermocouples element is connected to the moving coil of the regulator described previously. The output voltage is amplified and used to actuate a pneumatic relay controlling a diaphragm valve which admits more or less boiler water in the steam main.

Having studied the various devices used for the automatic control of a boiler we will point out the advantages we can draw out of their installation. They are :

1. A more regular steam supply.
2. Safer operation of the boiler.
3. Higher efficiency.
4. Less labor.

The major drawback to the installation of an automatic boiler control system is the high initial cost. On the other hand, provided the equipment is of good quality and is well maintained, trouble free and economic operation should result, this probably balancing the initial cost favourably.

BAGASSE FURNACES

by

J. M. PATURAU

Mechanical Engineer, Forges Tardieu Ltd.

Contents

1. *Historical Introduction*
2. *The Present Position*
3. *Combustion Problems*
4. *Refractories*
5. *Efficiency of Furnaces*
6. *Future Furnaces and their Auxiliaries*
7. *Bibliography*

1. *Historical Introduction*

It is probable that the word "bagasse" is derived from the term "BAGAÇA" originally applied in Provence to the refuse from olive oil mills. It was modified to "megass" during the 18th and 19th centuries, but this word is now obsolete and bagasse is the correct term to denote the moist fibre coming out of a cane mill.

It is almost certain that for many centuries bagasse was used as a combustible, but, as its moisture content was probably around 70%, it was essential to let it dry, generally by spreading it in the sun, before it could be burnt.

Green bagasse, i.e. bagasse as it comes out from the last rollers of a mill train, was first used directly as fuel around 1877 as reported by HEAD, and MARIE in 1881 took a patent for a green bagasse furnace. However the first industrial use of green bagasse seems to have been in Cuba in 1888 when Frederick COOK and Samuel FISKE used Dutch oven furnaces with horizontal grates at Central HORMIGUERO.

Cook also initiated the admission of combustion air through *tyuères* in the surrounding furnace walls above the grate. He also patented the hearth type furnace without a grate.

At almost the same time the step grate furnace was developed to handle green bagasse and a few years later, around 1890, a special type of fan shaped step grate, the GODILLOT furnace found much favour with French manufacturers and some were utilised in Mauritius.

In Hawaii and Java the straight step grate furnace came into great use and was progressively improved to a high standard of efficiency.

In 1924 GREGORY and WARD developed the horse shoe shaped cell furnace with controlled forced draught. Combustion efficiency was greatly improved and this type of furnace proved very popular with water tube boilers.

2. *The Present Position*

Wherever fire tube boilers are still in use in cane sugar producing countries a large number of step grate furnaces are utilised successfully, provided the rating is moderate and the bagasse is not too finely divided and not too moist.

However the gradual evolution toward larger size units of 25 to 60 tons of steam per hour created a demand for a more efficient furnace and in 1936 G. P. WARD utilised for the first time his famous "throat" furnace at Central PRESTON in Cuba. Since then several variations of the Ward furnace have been developed and they have proved generally very successful.

Another hearth type furnace recently developed (1951) is the THOMPSON — EISNER furnace which is of fairly simple construction, but does not seem to have lived up, in practice, to its originators' claim.

A very important improvement in bagasse burning has been the advent of the spreader stoker which was first utilised with bagasse in Louisiana in 1947, The fibrous, tenacious and bulky nature of bagasse made it necessary to develop a special type of rotary feeder and distributor before this difficult fuel could be burned with success.

With spreader firing the grate surface can be of the dumping or continuous ash-discharge type and extends across the whole length and width of the furnace. The suspended brick arches are completely dispensed with, while water wall cooling is generally utilised to prevent fluxing of the refractories and thus improve furnace availability. The thin uniform fuel bed allows the constant and easy flow of the combustion air through the grate and hence reduces the usual excess air down to 20% or 30% with a resulting increase in combustion efficiency.

The capital cost of a spreader stoker furnace is however fairly high, and this is the main factor which has so far limited the use of spreader stoker to the bigger size water tube boilers only.

3. *Combustion Problems*

Combustion, as we know, is nothing but rapid oxydation, generally accompanied by heat release which makes the process, once started, stable. To start up the process an initial heat supply is required to bring up the fuel and oxydizing air to ignition point.

Generally speaking, it can be said that nothing truly burns unless and until it is a gas.

Bagasse combustion occurs in the following steps :

(i) Drying of moisture
(ii) Distillation of hydrocarbons
(iii) Oxydation of hydrocarbons
(iv) Oxydation of remaining carbon to Co_2 and CO.

The last three steps occur almost simultaneously when the fuel has reached its ignition point.

The proximate analysis of bagasse, as fired in Mauritius, is approximately as follows :

Moisture	48%
Volatile matter	44%
Fixed Carbon	6.7%
Ash	1.3%

Hence volatile matters constitute such a high proportion of the combustible products in bagasse that practically all burning will take place away from the fuel bed.

This is the reason why most bagasse furnaces are of two stage type : a first stage where drying, gasification and some burning of carbon takes place. This process is heat absorbing and the use of refractory arches and walls are found essential as a source of heat supply. The second stage is the combustion chamber where the gaseous products of distillation are mixed with air to complete the combustion.

We can also differentiate between four more or less well defined regions within the furnace from the grate or hearth upwards :

(i) A layer of ash which is relatively inert and protects the grate or hearth from excessive heat. All the primary air passes through this layer in grate furnaces.
(ii) An oxidation zone where the carbon from the bagasse is burned to carbon dioxide. In practice all the primary air is used up after reaching this belt.
(iii) A reduction zone where, in the presence of further heated carbon, the carbon dioxide is partially reduced to carbon monoxide.
(iv) A distillation zone where the green bagasse falling on the grate is heated up to lose its moisture and distil its volatile hydrocarbons. The presence of secondary air is essential in this zone for the hydrocarbons to burn properly and for oxidation of any CO issuing from the reduction belt. This is by far the most important zone of a bagasse furnace and as we have seen earlier can be further subdivided into a primary belt and a combustion belt.

The whole process is far from simple and it is probable that the hydrocarbons break up to form aldehydes as intermediate products before finally producing CO_2, CO and H_2O. The hydrogen oxidation is generally much more rapid than that of carbon ; hence hydrogen is rarely found as a product of combustion. The presence of water apparently speeds up the oxidation of carbon monoxide and hence has at least this beneficial effect.

The combustion of carbon is another complex process : below 1200°C it is probable that equal amount of CO_2 and CO are formed, while above 1450°C twice as much CO than CO_2 is produced. The reaction rate rises progressively up to a maximum about 1100°C and falls to zero by 1300°C. No active form of combustion of carbon seems to occur between 1300°C and 1450°C which may explain the luminosity of certain high temperature flames.

To summarize, we can say that all the basic steps of combustion, namely :

— bringing air and fuel together

— raising the mixture to ignition temperature

— sweeping away successive layers of gas from the fuel particles

— and burning carbon as completely as possible

require three esssential factors to be successful : temperature, time (or travel), and turbulence, and this is always worth keeping in mind when considering bagasse furnaces.

For conditions prevailing in Mauritius, the ultimate analysis of dry bagasse can be assumed as :

Carbon	47%
Hydrogen	6.5%
Oxygen	44%
Ash, etc.	2.5%

No recent calorific value determinations are available for local bagasse, but there are a number of well known formulae which are sufficiently accurate for combustion control calculations.

We will use the formula proposed by HESSEY and which reads as follows, expressed in Kcal/kg :

Gross Calorific Value : $4636 - 12.3\ S - 46.36\ M$

Net Calorific Value : $4324 - 12.3\ S - 49.04\ M$

where S is the sucrose % bagasse = 2.52 (Average Mauritius last 4 years) and M is the moisture % bagasse = 47.95 (Average Mauritius last 4 years).

Hence G.C.V. Mauritius = 2377 Kcal/kg = 4260 BTU/lb

N.C.V. Mauritius = 1941 Kcal/kg = 3511 BTU/lb

These formulae indicate quite clearly the very great influence which the moisture content of bagasse has on its calorific value, i.e. its vaporizing power.

Note that the Net Calorific Value takes into account the impossibility, in practice, of cooling down the products of combustion sufficiently to condensate the moisture present and recuperate its latent heat. Hence the Net Calorific Value is a realistic measure of the heating power of the fuel as received.

The so called "loss due to moisture in fuel" is thus accounted for and the remaining main losses can be divided into three items :

(i) Flue Gases Loss
(ii) Unburned Fuel Loss
(iii) Radiation and unaccounted for Loss.

To the factory engineer it is essential that these losses be kept to a minimum and to enable him to utilise the bagasse furnace with efficiency he should be able to evaluate these losses with fair accuracy.

We have therefore summarized below a number of equations usually required for this purpose.

If we write :

M = moisture in bagasse expressed per kg of bagasse
r = ratio by weight of air actually used to theoretical air for complete combustion
V_a = volume of air utilised per kg of bagasse in m^3
X = the proportion ofCO_2 per unit volume of flue gases
T = the furnace temperature in °C
t_o = the combustion air inlet temperature in °C
t_f = the flue gases temperature at the chimney inlet in °C

(i) The Excess Air is readily determined by the measurement of CO_2 in the flue gases and is expressed by :

$$r = \frac{0.196}{x} + 0.0125$$

(ii) The volume of combustion air is expressed in M^3 by :

$$V_a = \frac{r\ (1\text{-}m)\ (273 + ta)}{61}$$

This equation enables us to determine the size of forced draught fan required for the furnace.

(iii) The Flue Gases Loss is expressed by :

$$Q = t_f\ (1\text{-}m)\ \left(1.4r + \frac{0.5}{1\text{-}m} - 0.12\right)$$ in Kcal/kg of bagasse.

(iv) The Unburned Fuel Loss is made up of two parts :

a) One which is due to the incomplete combustion of carbon to CO instead of CO_2 and which can be expressed by :

$$Q_i = 1350 \frac{CO}{CO + CO_2} \text{ in Kcal/kg.}$$

b) The second which is due to unburned fuel particles trapped in the ash or carried away in the chimney. This loss under normal conditions should not amount to more than 1.5 to 2%. However, with fine shredded bagasse and excessive draught, in badly proportioned furnaces, this loss may rise easily to 5% or more. Considerable judgement is required to evaluate this loss and ingenuity and patience to bring it back to reasonable value.

(v) The Radiation Loss is also difficult to evaluate with accuracy. It varies, of course, with the type of wall construction, the extent of water cooling and the capacity of the boiler. A graph issued by the American Boiler Manufacturers and Affiliated Industries gives probably the best available data for the evaluation of this loss.

It is usual for bagasse boilers with modern settings to assume a loss of 2.5%.

(vi) The temperature within the furnace can be evaluated theoretically provided we agree to certain simplifying assumptions. In practice, for bagasse furnaces, we can write

$$T = 0.6t_a + \frac{1500\ (0.874 - m)}{(5.75\ (4\text{-}m)\ r + 1)}$$

This is best expressed in graphical form as shown in figure 1.

To summarize, we can say that the most important loss facing the factory engineer is the flue-gases loss which is directly proportional to the final temperature of these gases and to the excess air used for combustion.

We can thus evaluate the gain in efficiency to be derived from economisers and air heaters which are direct utilisers of the sensible heat in the flue gases. It also clearly indicates the benefit to be derived from instrument controlled and spreader stoker firing which enable a minimum use of excess air.

The influence of moisture in bagasse has not always been appreciated by the factory personnel and for a long time it was considered that the separate drying of bagasse was an almost essential requirement of the boiler plant.

In Mauritius Paul EYNAUD took a patent for a bagasse dryer of the endless belt type in 1876 and until the close of the century dryers were very much in favour in this Island and elsewhere. Thus in Egypt HUILLARD patented around 1907 a vertical bagasse dryer with a spiral chamber, while KERR and NADLER, at about the same time experimented in Louisiana on a vertical shaft dryer with inclined trays.

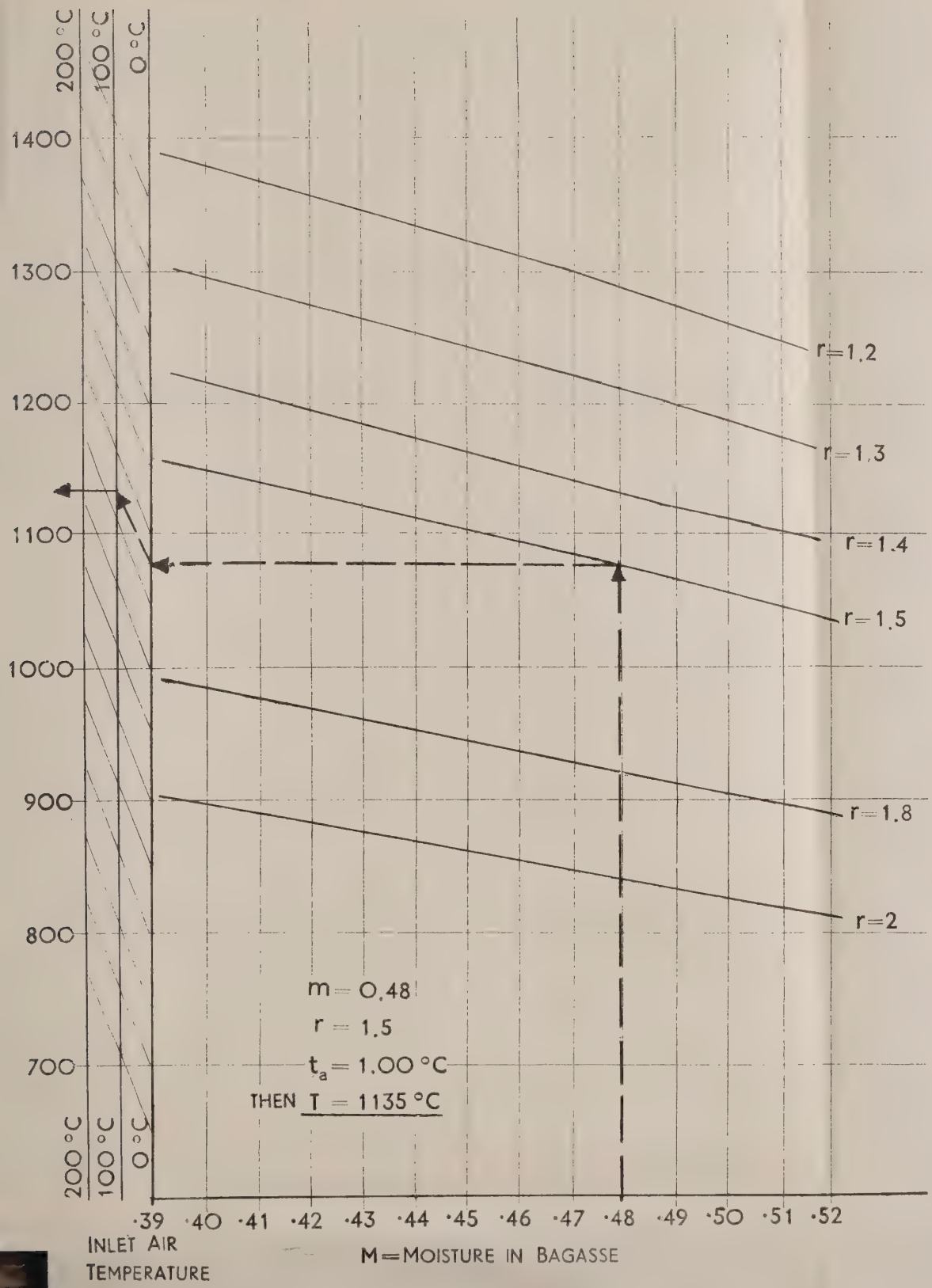

200 °C
100 °C
0 °C
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
r=1.2
r=1.3
r=1.4
r=1.5
r=1.8
r=2
m = 0.48
r = 1.5
t_a = 1.00 °C
THEN T = 1135 °C
·39 ·40 ·41 ·42 ·43 ·44 ·45 ·46 ·47 ·48 ·49 ·50 ·51 ·52
INLET AIR TEMPERATURE
M=MOISTURE IN BAGASSE

Fig. 1

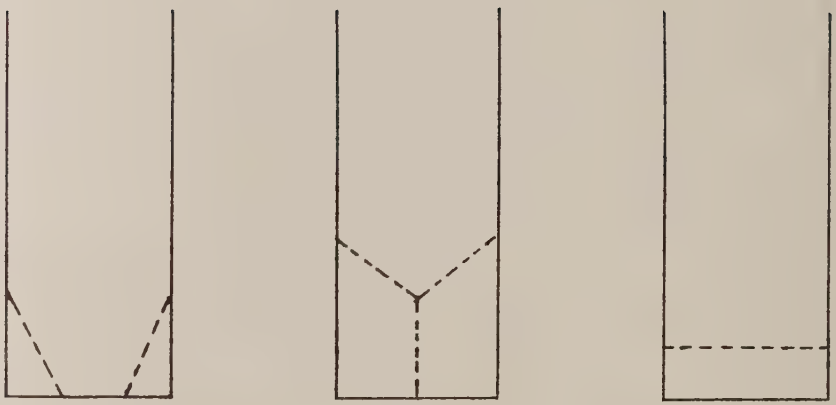


Fig. 2

In practice all these dryers proved a real fire hazard with not unimportant handling and mechanical losses and they have been discarded for a long time now. Theoretically the advantage to be derived is not negligible thus if 1 kg of bagasse with 50% moisture is dried to 30% moisture, we have originally per kg of bagasse as received from the mills a fuel capable of producing:

$$4293 - 4904 \times 0.5 = 1841 \text{ Kcal}$$

After the dryer we are left with 0.8 kg of bagasse having 0.3 kg of moisture i.e. a 37.5% moisture fuel which will produce:

0.8 (4293 — 4904 x .375) = 1955 Kcal. Hence the dryer has produced a gain of about 6% in heat input to the furnace.

However an air heater will produce almost the same result with the difference that the moisture released from the bagasse in the dryer goes direct to the atmosphere while with the air heater this moisture is released within the furnace and goes to the atmosphere via the boiler and chimney. Further the air heater is a much more reliable and efficient machine than a bagasse dryer, which is the reason for the large number of air heaters used in sugar factories presently while bagasse dryers are but a souvenir of days gone by.

4. Refractories

The question of refractories, although fairly important, receives, in general, little attention from the sugar engineer; and yet the maintenance of furnace brickwork can be an appreciable item in the factory's budget. With the modern bagasse furnace where high efficiency is generally synonymous with high temperature the careful choice of suitable firebricks is much more critical than with the old low rated furnaces and hence cannot be ignored any more.

Refractories or firebricks are by definition fire resistant substances and consist generally of complex mixtures of Alumina and Silica. The first real refractors were produced at Dinas in Wales in 1822 and for a long time empiricism was the rule until Henri Le Chastelier, at the beginning of this century made his famous scientific investigation on firebricks. It was subsequently understood that the firebrick once heated and hardened in the kiln was not an inert mass, but that it continued its evolution under the effect of heat, reaching a new equilibrium at each variation in the heat cycle.

As a first approximation it can be said that a firebrick is a mixture of crystals and glass, hence an elastico-plastic material, and that its load bearing capacity is directly influenced by the amount and viscosity of the glassy phase.

We can broadly differentiate refractories according to their chemical composition into:

a) Silicon Base Refractories: (i) $S_iO_2 > 91\%$
$Al_2O_3 < 3\%$
(ii) $85\% < S_iO_2 < 93\%$
$Al_2O_3 > 5\%$

b) Clay Base Refractories (iii) $15\% < Al_2O_3 < 32\%$
(iv) $32\% < Al_2O_3 < 40\%$
(v) $Al_2O_3 < 40\%$

All these refractories are classed as Acidic, while special refractories like dolomite, magnesite, and zirconite are classed as Basic, and Carbon and Chromite refractories are classed as Neutral.

In bagasse furnaces we are only concerned with acidic refractories of the alumino-silicate type b) (iv) and (v) and will therefore consider their constituents in a little more detail.

Amorphous Silica, or vitreous silica, plays an important part in refractories since it is the binding agent or link between the crystalline elements.

Silica also exists as three distinct crystalline varieties : Quartz, a prismatic hexagonal crystal, which is stable up to 870°C and then changes to Tridymite. Over 1200°C devitrification takes place and crystals of Cristobalite start appearing until the complete replacement of tridymite by cristobalite at 1470°C. The fusion point is reached around 1725°C. The transformation of quartz to tridymite is accompanied by a volume increase of 15% ; no similar increase takes place when going from tridymite to cristobalite.

Clay is a mixture of various minerals which are complex combinations of Silicon and principally alumino-silicates. Plasticity is the important property of clays. As far as fire bricks are concerned the most important groupe of clay are the

KAOLINITE $2SiO_2.\ Al_2O_3.\ 2H_2O.$

and the HALLOYSITE $2SiO_2.\ Al_2O_3.\ 4H_2O.$

The effect in clay of impurities like calcium and magnesium is generally to lower the point of fusion. Silica has no bad effect but Iron (Fe_2O_3) and Titanium (TiO_2) should be kept below 4% and 2% respectively.

Firebricks are produced by three methods : the stiff-mud, the dry-press, and the hand made. The dry press is the method generally used for the firebricks utilised in bagasse furnaces. In this process the clay after being thoroughly ground is mixed in a dry condition and as it is delivered to the press a small quantity of moisture is added which is sufficient to hold the clay together when put under pressure to be formed. The moulded or green bricks are then dried in a special oven and finally burnt in a continuous kiln.

In use, good refractories must successfully withstand :

(i) Shrinkage — not more than 1.5% when heated to 1400°C
(ii) Fusion — not more than 1.5% deformation at 1350°C
(iii) Spalling
(iv) Slag erosion.

For bagasse furnaces it is desirable to employ a fire brick having the following approximate composition :

	Very Best	*Acceptable*
SiO_2	52 to 54%	54 to 56%
Al_2O_3	42 to 44%	39 to 42%
Fe_2O_3	1 to 2%	1 to 3%
TiO_2	1 to 2%	1 to 2%
CaO	Trace to 0.5%	0.5 to 1%
MgO	Trace to 0.5 %	Trace to 0.5%
Na_2O & K_2O	0.5 to 1 %	0.5 % to 1 %
Bulk density	2.26 to 2.32 gm/cc	2.15 to 2.20 gm/cc
Pyrometric core equiv.	+34 (1750°C)	+33 (1730°C)
Apparent porosity	14 to 17	18 to 20
Linear Thermal expansion (20°C to 1000°C)	0.70%	0.72%

Thermal conductivity 38.5 Kcal/hr/m^2/°C

It is well to remember that the selection of refractories is generally a compromise as some properties of one type of firebrick cannot be conciliated with other required properties. Thus a dense, non-porous brick will resist well to gas erosion and fluxing action, while for good resistance to spalling a brick of coarse grind, high porosity and open texture is required.

We will now consider the main factors which affect the life of the brickwork in a bagasse furnace :

a) *Thermal shock* which acts in the vitreous phase of the firebrick causes fracture. Hence it is very important to prevent sudden fluctuations of temperature as a rapid heating of the cold brickwork or the rapid cooling by furnace doors, prior to ash removal. In general, high density bricks have a good resistance to thermal shock, but impurities and free silica are very adverse factors.

The temperature is the more important agent : above 1100°C no fracture will occur, but the dangerous zones are around 500 to 600°C for clay product and 225 to 250°C for silica.

Note that the type of fracture occurring in the brick is generally an indication of the cause (Figure 2). Thus a fracture as in (1) is a sheer crack due to rapid heating, while a fracture as in (2) is a tension crack due to rapid cooling, and a fracture as in (3) is characteristic of slag action.

b) *Chemical action* A cation, Na, K, Mg, Fe, Ca, is the usual agent which through its oxide combine with the firebrick to form a product having a low fusion temperature. The eutectics thus formed are more fusible towards silica than alumina, hence the good resistance of Alumina bricks.

Temperature is again an important factor as the speed of reaction is an exponential function of the temperature. The fusion temperature of the attaching agents is also of great importance as, once changed into liquid or gas, they may enter more deeply into the brick and create havoc.

Volatile potash and sodium salt, in presence of water vapour probably form hydroxides which attack the refractories. Further the high alkali content of normal bagasse slag, whether the pale green massive slag ($Na_2O + K_2O$: 8 %), or the white infused bagasse ash ($Na_2O + K_2O$: 12%) has a very severe action on the firebricks.

At high temperature the thick spongy ash deposit, which may have acted as a protection at lower temperature, melts quickly to a green glass which runs down the walls eroding the joints and the brick face. The glass reacts with the brick material forming a slag of higher alumina content than the original ash and possibly of lower fusion point. New fly ash quickly dissolves in this liquid and the process increases in importance fairly rapidly. If istrification has progressed to a depth of 1 cm or more, pronounced spalling will occur on sudden temperature change.

c) *Service load* The construction of a firebrick wall is no problem structurally as far as the cold crushing strength of the bricks is concerned. Even at furnace temperature, the cooler external section of the bricks are in general sufficient to support the whole load.

Expansion, however, sets a real problem and it is essential to allow for expansion joints of $\frac{1}{2}$ cm for every 5 metres of wall length, such joints being filled loosely with asbestos rope to prevent air leakage. The absence of expansion joints leads to dangerous compressive stresses which can greatly augment spalling.

It is worth noting that the temperature range around 800°C is critical in an Alumina brickwork because, due to expansion, the maximum compressive force will then take place, while the mechanical resistance of the brick at this temperature is still low and just starting to rise. We can thus expect along the isotherm 800°C in the thickness of the brick a weak area where spalling may often start. And we should not be surprised when flaking occurs, if the flakes are of constant thickness.

To end this chapter on refractories we will consider briefly motar or refractory cements, which are now progressively replacing fireclay.

Raw fireclay acts only as a filler, it has no binding strength as it dœs not istrify with heat, and further it has a high shrinkage. It may melt and flow out of the joint, exposing the fire faces of the brick to slag action, and allowing air leakage. Consequently it is always preferable to use air setting mortar rather than fireclay.

The air setting mortar is composed of a base of pre-calcined fireclay

crushed to pass a 35 mesh screen. To this is added a plastic fireclay and from 5 to 20 % of Sodium Silicate solution. The choice of the plastic bond and the ratio of Soda to Silicate will determine the properties of the mortar.

The water content is adjusted until the mortar has the consistency of a thick batter. A convenient test is to have a nine inch brick laid in the batter; if the consistency is right the brick should float with about one inch ($2\frac{1}{2}$ cm) above the surface.

With this consistency 180 kg of mortar will be sufficient to lay up 1000 bricks. On air drying the mortar forms an almost monolithic structure with the brickwork and in most cases the motar joint is stronger than the surrounding bricks.

5. *Efficiency of Furnaces*

It is not customary to consider the efficiency of bagasse furnaces by themselves as they form an integral part of the boiler plant, and in practice, one is more concerned with the maximum steam production out of the minimum amount of fuel rather than with the efficiency of furnaces per se.

If we assume that all external conditons are the same, i.e. — Inlet Temperature of combustion air and its humidity.

— Temperature of the flue gases issuing from the furnace.

— Composition of the fuel and especially its moisture content.

— Ratio of exceess air.

Then we will find that the losses in the furnace can generally be reduced to :

a) Incomplete combustion loss

b) Unburned fluel loss

c) Radiation loss

and it is through consideration of these losses that the qualities and disadvantages of a furnace can be objectively summarised.

i) In the STEP GRATE FURNACE, the thickness of the layer of bagasse on the grate and the control of the combustion air are relatively difficult to adjust. Further as these furnaces are generally used with natural or induced draught, air turbulence is fairly low in the combustion belt. As a result, a large excess of air is required to keep down the incomplete combustion losses which would otherwise be fairly important. In practice, step grate furnaces require at least 80% excess air to ensure complete combustion.

Due to the fair amount of excess air, the furnace temperature is moderate and this factor coupled with the poor turbulence of the step grate requires for this type of furnace a combustion chamber of ample proportions which leads to substantial radiation losses. In the furnace area, the induced draught is fairly low and consequently the proportion of unburned fuel entrained in

the chimney is small. However some unburnt bagasse is taken away with the ash pit, and more especially with shredded bagasse.

It is not recommended to burn very finely divided bagasse on a step grate as it forms an almost impermeable mat which moves erratically down the grate and renders combustion control most difficult.

ii) In the HORSE SHOE FURNACE, forced draught is divided into primary and secondary air led through well positioned *tuyères* and hence the turbulence is greatly increased and incomplete combustion can be more easily checked with moderate amount of excess air, generally not less than 60%.

A combustion chamber is still required and radiation losses are thus comparable with the Step Grate Furnace.

The amount of fuel taken away with the ash is fairly low and with the large combustion volume the proportion of unburned fuel reaching the chimney is moderate so long as the forced and induced draughts are kept at normal settings. However when the rating of the boiler is increased and more especially with shredded bagasse, the unburned fuel loss may rise rapidly to 5% and more.

This remark is also applicable to the various types of hearth furnaces where for the sake of brickwork economy the combustion space has been greatly reduced and which rely on the presence of the forced draught to compensate for the indifferent design of the furnace.

A pointer to the very high proportion of fuel unburned carried over from such boiler plants is the very small volume of ash found in the furnace after a week of intense firing.

In general it is advisable to limit the gas speed in hearth furnaces to below 20 metres per second.

iii) In the WARD FURNACE, we have conditions somewhat similar to the Horse Shoe Furnace, but turbulence is very much improved due to the "throat" design and further the small combustion space required is right on top of the furnace which makes a very compact layout and reduces radiation losses.

As far as the unburned fuel is concerned the same remarks apply as for the horse shoe furnace, but grit refiring is easier to instal in the Ward than in the Horse Shoe.

The excess air required will generally fall below 40% and in a well designed plant 35% should be attainable.

iv) In the SPREADER STOKER FURNACE we reach the best conditions for combustion efficiency and the proportion of excess air required generally drops to 30%, while some manufacturers even claim 20% as sufficient. Radiation losses are probably similar as in the Ward furnace, especially if both types are equipped with water walls.

Unburned fuel losses are generally more important in the ash pit than up the chimney in this type of furnace, a 2½% loss being considered normal.

To stress further the operating conditions and general results one can expect when using the various types of bagasse furnaces we have summarised, in table I, some comparative data representative of modern practice.

TABLE I

	Step Grate	Horse Shœ	Ward	Spreader Stoker
G.C.V. Bagasse, K cal/kg ..	2377	2377	2377	2377
Exit temperature of flue gases °C	180	180	180	180
CO_2 %	11.0	11.6	14.1	15.2
Excess Air Required % ...	80	70	40	30
Moisture in fuel loss % ...	18.4	18.4	18.4	18.4
Flue Gases Loss % ..	13.2	13.0	11.0	10.4
Unburned Fuel Loss % ...	4.0	2.5	2.0	2.5
Radiation and Unaccounted for Loss %	6.0	4.0	2.5	2.5
Boiler Efficiency % ...	58.4	62.1	66.1	66.2
Optimum Furnace Rating K cal/M^3/hr ...	150000	230000	300000 (Water Walls)	270000
Maximum furnace Rating K cal/M^3/hr	250000	300000	350000	320000
kg Steam generated per kg of bagasse as fired :				
7 kg/cm^2 saturated ...	2.45	2.60	2.77	2.77
10 kg/cm^2 300 °C ...	2.18	2.32	2.47	2.47
20 kg/cm^2 300 °C ...	2.40	2.56	2.72	2.73

6. *Future Furnaces and their Auxiliaries*

The evolution of the bagasse furnace has never been very rapid and it would be unwise to assume that step grate and hearth furnaces are going to be replaced over night. However the general tendency is clearly towards bigger steam units with mechanical fuel firing and automatic combustion control. In Mauritius we have at present in the sugar factories 123 HRT type fire tube boilers and 20 water tube boilers and it is not difficult to surmise that, say within the next ten years, half of these fire tube boilers will have been replaced by one sixth of their number of water tube units.

The problem of clinker and ash removal from the furnace is an important point; it will soon become essential to remove the ash continuously to do away with the furnace de-ashing three times a day and with the costly Sunday morning session when the hot furnace and combustion chamber are cleaned by

hand. The best solution, so far, seems to be the provision of a water through under the ash pit and the disposal of the ash slurry by means of a chokeless pump.

The beneficial effect of turbulence is so great on combustion that it is highly desirable to study more completely the effect of directed forced air jets in the furnace. Tangential jets placed at the four corners of a square furnace have already given promising results and with the very finely divided bagasse, as obtainable with a shredder and modern milling plant, the fuel could possibly be introduced together with the air under pressure.

Spreader stoker firing will certainly find more and more favour for the bigger steam units and the use of a pulsating air spreader, as in the MERCEDITA Furnace, will probably replace the more clumsy and costly arrangement now in use. Dumping grates are more likely to be used in medium size boilers, while for the very large units, a travelling grate may be worth the extra expense.

Whatever the eventual use of surplus bagasse in Mauritius, it is evident that its efficient utilization will be required, if only for the production of electricity. Boiler efficiency will progressively become more and more important and the use of economizers and air heaters more generalized.

At present there are 31 economizers and 3 air heaters in Mauritius and it is likely that their number will increase appreciably, especially the air heaters. The perfect solution for bagasse boilers is certainly to have an air heater followed by an economizer. With the substantial cast iron construction of gilled tube economizers the exhaust temperature of the flue gases can be brought down safely and thus still further reduce the heat loss in these gases.

To conclude we will just mention the present tendency to do away as far as possible with solid brickwork settings for bagasse boilers. Two solutions are currently utilised: the interlocking refractory tiles suspended from metal supports or the water wall construction and a mixture of the two is generally formed in practice. The use of external metal casings is also becoming popular and certainly improves the neatness of the boiler house.

BIBLIOGRAPHY

1. ABELL, W. P. (1896) Megass and Refuse Furnaces Proc. Inst. of Civil Engs.
2. ANON (1919) Discovery and Invention in the Sugar Industry. I. S.J., XXI, 439.
3. ANON (1944) The Efficient Use of Fuel. H.M. Stationery Office, London.
4. ARNOLD, K.S. (1941) (1940) Test on new bagasse furnace design. Proc. India, 10th Cong. 115-121. Proc. India, 9th Cong. 108-134.

5.	A.S.T.M. Manual	Standard in Refractory Materials, New York. (Current Edition).
6.	Avice, R. (1929)	La combustion de la Bagasse. Rev. Agricole, 198-202.
7.	Babcock & Wilcox (1955)	Steam, its generation and use, New York.
8.	,, ,, (1955)	Bagasse Fired Boilers, Publication 1558, London.
9.	,, ,, (1957)	Spreader Stokers, Publication 1672, London.
10.	Barnhart, G.A.W. (1927)	Bagasse Furnaces, I.S J., XXIX, 603-607.
11.	Beater, B.E. (1936)	Analysis of Bagasse Furnace Ash, I.S.J., XXXVIII, 183.
12.	Budge, A.G. (1920)	Bagasse Furnaces, I S.J., XXII, 211-214.
13.	Carter, W.G. (1956)	The Thompson Eisner Furnace, 9th Cong., ISSCT, Vol. II. p. 15-26
14.	Clark, O.M. (1956) & (1957)	The Thompson Eisner Furnace, Jamaican Assocn. Suc. Tech 1956, p. 67-69 & 1957 p. 73-79.
15.	Clarenc, J.F. (1916)	Types of Bagasse Furnaces, I.S.J., XVIII, 226-230.
16.	Colson, L. (1897)	Foyers à bagasse, Le Génie Civil, Nov. 1897.
17.	Combustion Engineering (1951)	Burning Bagasse with spreader stokers. Pubn. p. 333, New York.
18.	Commins, G. (1934)	Emmagasineur automatique de bagasse. Rev. Agricole, 1934, 167.
19.	Connon, G.W. (1927)	Heat economy in sugar factories, The Planter and Sugar Manufacturer, p. 47-50. 15th Jan. 1927.
20.	,, (1929)	Refractories for Boiler Settings, Facts about Sugar, 24, 1146-1147.
21.	Coombes, F.N. Baissac et alia (1958)	Report on furnaces and calorific value of fuels. Rev. Agricole, 1928, 227-237 & 273-283.
22.	Coxon, F. (1917) (1918)	Bagasse Furnaces, I.S.J., XIX, 496-502. I.S.J., XX, 10-16.
23.	Coxon, F. & Renton, G.A. (1913)	Calculations for Forced and Induced Fans, I.S.J., XV, 519-522.
24.	Davies, J.G. (1946)	Heat loss due to moisture and excess air in bagasse. Jamaican Ass. Sugar, Quarterly, Vol. 9, No. 3 & 4, p. 30-44.
25.	Eigenhuis, J. (1937)	Notes on the Combustion of Bagasse, Proc. Queens land Soc. Sugar Cane Tech., p. 71-77.
26.	Esnouf, A. 1930)	Données thermiques sur la combustion de la Bagasse. Rev. Agricole, 1930, 6-14.
27.	Etherington H. (1944)	Modern Furnace Technology, Charles Griffin, London.

28. FOTHERINGHAM, H. (1957) Experiences in Commissioning a bent tube boiler, spreader fired, burning bagasse or coal. Proc. S.A. Sug. Tech. Assocn. p. 42.

29. FREISE, F.W. (1932) Bagasse fuel and Boiler Refractories, Refractories Journal, Vol. 8, No. 9, p. 360.

30. GILCHRIST (1922-1924) Bagasse Furnace, I.S.J., XXIV, 257-260. I.S.J., XXVI, 56.

31. GIRAUD, L, (1926) La Combustion de la Bagasse, Rev. Agricole, 1926, 275-278.

32. GOODMAN, M.K. (1935) Use of Fuel Oil Burners in Bagasse Boilers, S.A. Sug. Journal, 19, 587-589.

33. GRISWOLD, J. (1946) Fuel Combustion and Furnaces, New York, 1946, McGraw Hill.

34. HABIF, N. (1333) Combustion de la Bagasse, Le Caire 1933, Paul Barbey.

35. HARDY, E. (1957) Determination of Flue Gas and Combustion Air Volume for bagasse fired boilers. Proc. Queensland Soc. Sug. Cane. Tech. p. 233-240.

36. HEDLEY, E.P. (1937) Boilers, Furnaces, Boiler Equipment, Proc. S.A. Sug. Tech. Ass. 1937.

37. HUGOT, E. (1950) La Sucrerie de Cannes, Dunod, Paris.

38. HUTCHESON, R.F. (1926) Bagasse as Fuel, I.S.J., XXVIII. 652-658.

39. JENKINS, G.H. (1939) Furnace Investigations, Tech. Comm. No. 6, Bureau Exp. Stations, Queensland p. 115-126.

40. KERR, E.W. & NADLER, H.A. (1911) Bagasse Drying, I.S.J., XIII, 603-608.

41. de LANGEN, L.H. (1932) Unburnt Bagasse up the stack, Archief, Vol. 40, III, 1341-1448.

42. LETORT, Y. (1951) Produits Réfractaires, Dunod, Paris.

43. LIPTAK, Ltd, (1953) Bigelow-Liptak and the Ward Furnace, Catalogue No. 38, New York.

44. LLOYD, R. (1907) Megass Furnaces, Proc. Inst. Civil Eng., March, 1907.

45. LORAIN, P. (1950) Les Chaudières à Vapeur, Eyrolles, Paris.

46. de LORENZI, O. (1954) Bagasse Burning in the Mexican Sugar Industry, American Soc. Mech. Eng., Paper No. 54, Mex. 4.

47. „ (1955) Combustion Engineering Ref. Book, Combustion Engineering Inc. New York.

48. Mc ADAMS W.H. (1951) Heat Transmission, 2nd Edition, Mc Graw Hill, New York.

49. MEISSNER, H.G. (1948) Bagasse Burning at Cuban Sugar Centrals Combustion, January, 1948.

50. MILLER, E.G. (1954) The Spreader Stoker in the Sugar Industry, American Soc. Mech. Eng., Paper No. 54, Mex. 5.

51. MORGEN, E. (1955) The burning Question of Bagasse, Proc. Queensland Soc. Sug. Cane Tech. 1955, p. 41-49.

52. NEWBOLD, C.E. (1915) Choice of Boilers for Sugar Houses, I.S.J., XVII, 225-227.

53. NORTON, F.H. (1949) Refractories, McGraw Hill, New York.

54. NUBER, F. (1951) Calcul Thermique des Chaudières et Foyers, Dunod, Paris. (Translated from German).

55. PARR, P.H. (1922) The calorific Value of Bagasse, I.S.J., XXIV, 13-18.

56. PERK, C.G.M. (1951) Calorific value of Bagasse, S.A. Sugar Journal, 35, 697-703.

57. PUIG, J.L. (1951) The Spreader Stoker, the correct method of burning bagasse, Proc. Cuban Sugar Cane Tech., 1951, 319-327.

58. RAMANUJAM, D. (1956) Influence of the Structure of the Cane on the Steaming quality of bagasse, 9th Cong., I.S.S.C.T., Vol. 2, 63-69.

59. SEMPLE, D.M. (1921) Boiler test carried in Philippine Islands, I.S.J., XXIII, 698-699.

60. STOEVER, H.J. (1941) Applied Heat Transmission, McGraw Hill, New York.

61. SUYDAM, A.G. (1937) Refractories in the Sugar Industry, Proc. Cuban Soc. Sug. Cane Tech. 1937, 119-128.

62. TROMP, L.A. 1940) Bagasse, I.S.J., XLII, 59-63, 90-93, 135-137.

63. ,, (1950) The Bagasse Combustion Diagram, Proc. Sug. Tech. Assoc. India, 19th Cong., 1950, 122-126.

61. ,, (1939) Furnaces in Cuba, I.S.J., XLI, 139.

65. ,, (1936) Machinery & Equipment of the Sugar Cane Industry, Norman Rodger, London.

66. VERON, M. (1942) Diagrammes de Combustion, Bull. Tech. No. 16, Soc. Française des Construction Babcock & Wilcox Hermann et Cie. Editeur, Paris.

67. WARDE, J.M. (1942) Selection of Firebricks for Bagasse Furnaces, S.A. Sugar Journal, 26, 121-129.

68. WEBSTER, J. (1947) The Thermal Technics of Steam Boilers, Mech. World Monographs, London, 1947.

69. WEYMOUTH. C.R. (1911) Furnace arrangements for fuel Oil, I.S.J., XIII, 501-504.

70. WHIPPLE, W. (1933) The Hofft Bagasse Furnace, Facts about Sugar, 28, 321-323 & 326.

CONSOMMATION DE PUISSANCE DES COUPE CANNES ET DES SHREDDERS MENÉS PAR MOTEURS ÉLECTRIQUES

par

R. DE FROBERVILLE & J. D. DE R. DE SAINT ANTOINE

Département de Technologie Sucrière, M. S. I. R. I.

Certains d'entre vous ont du lire dans le rapport annuel de la « Mauritius Sugar Industry Research Institute » pour 1959 l'étude entreprise sur la consommation de puissance des coupe cannes et des shredders. C'est ce travail que je vais vous présenter très brièvrement aujourd'hui, uniquement dans le but d'inciter des débats autour de la question.

Les buts de cette étude étaient :

1° Déterminer la consommation actuelle de puissance des coupe cannes et des shredders menés par moteurs électriques,

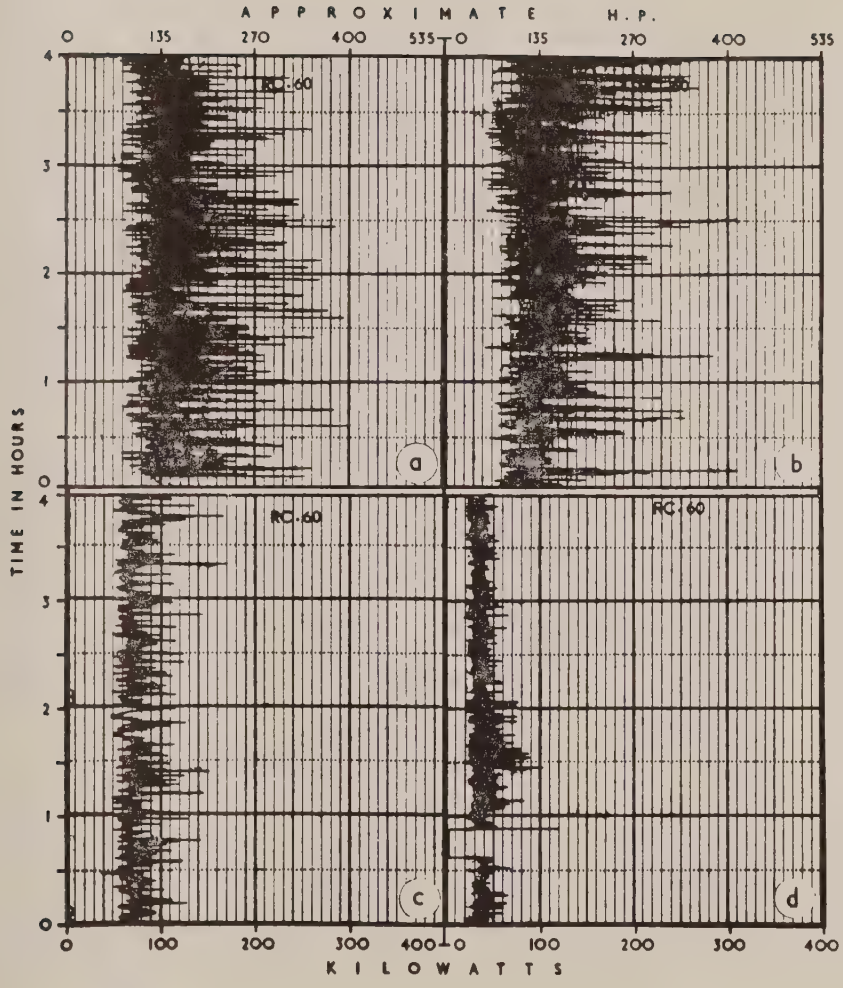
2° obtenir, si possible, une meilleure utilisation de la puissance disponible.

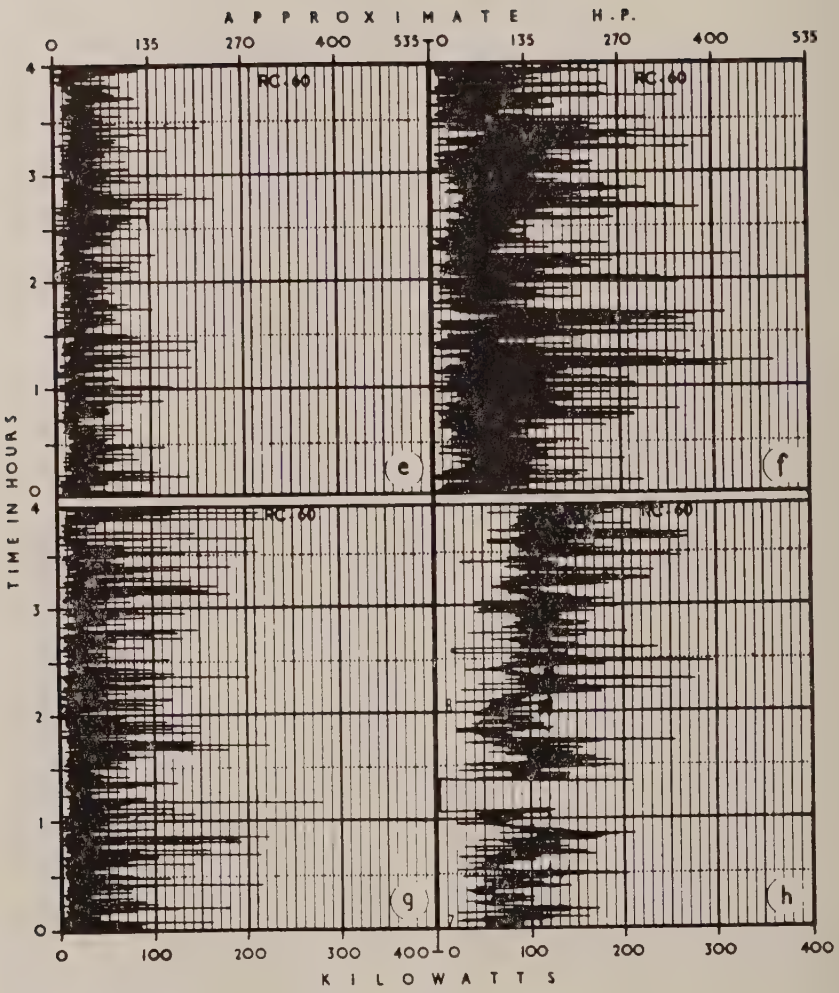
Pour cela nous nous sommes servi d'un wattmètre enregistreur dans le circuit duquel avait été branché un intégrateur ; ceci dans le but de déterminer la puissance total aussi bien que la puissance moyenne consommée pendant la durée de chaque test qui fut d'environ 24 heures dans la plupart des cas. La vitesse des chartes était de 60 mm à l'heure pour les shredders. La consommation en kilowatts, qui est aussi exprimée en C.V. est donnée en abscisse sur les chartes dont les ordonnées représentent la durée des tests.

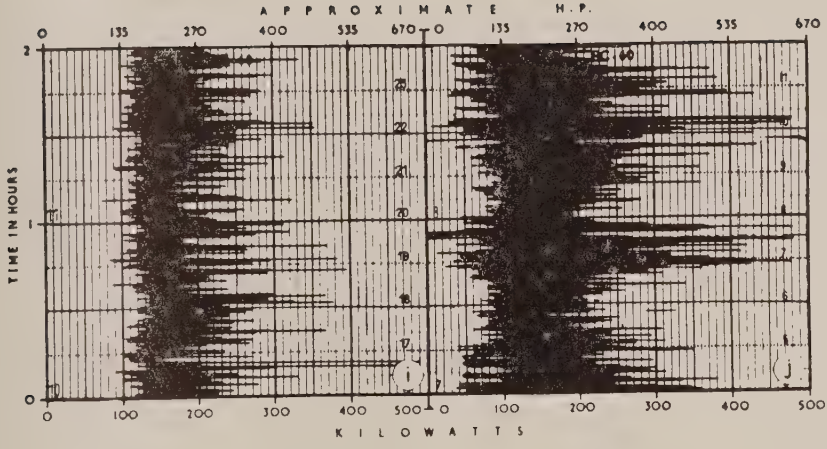
Le tableau 1 et les chartes correspondantes nous font voir :-

1° La puissance absorbée par tonne de fibre par heure varie de 10,1 à 26,0 C.V. pour les premiers coupe cannes. Ceci est compréhensible dans une certaine mesure, vu que les auteurs eux même ne sont pas en accord sur ce point à cause des facteurs variables, tels le nombre de R.P.M., le nombre de couteaux, le rayon du cercle de rotation qui interviennent dans le calcul de la puissance. Ainsi Hugot (1950) et Tromp (1946) recommandent 12 - 15 C.V./tonne de fibre heure, tandis que la « Mirrelees Watson Co » (1957) préconise plutôt 16-21 C.V.

2° Certaines sucreries ne semblent pas employer au maximum la puissance disponible. Dans le cas de l'usine B, par exemple, seulement 1/3 de la puissance nominale est employée ; la charte correspondante (c) est très régulière et n'indique pas de pointe soutenue bien que, ce coupe canne soit placé en tête de chaîne et réglé à 8 pouces de celle-ci.


APPROXIMATE H.P.
0
135
270
400
535
RC.60
a
b
c
d
TIME IN HOURS
0
1
2
3
4
0
100
200
300
400
KILOWATTS


APPROXIMATE H.P.
0
135
270
400
535
RC. 60
(e)
(f)
(g)
(h)
TIME IN HOURS
0
1
2
3
4
0
100
200
300
400
KILOWATTS


APPROXIMATE H.P.
0
135
270
400
535
670
TIME IN HOURS
2
1
0
100
200
300
400
500
KILOWATTS

Le cas du 1er coupe cannes de l'Usine D est encore plus éloquent, seulement 22% de la puissance nominale étant utilisée en moyenne ; la charte (g) relève cependant des pointes instantanées qui atteignent la puissance nominale du moteur. Une meilleure utilisation de cette puissance n'est envisageable que si l'alimentation de la chaîne à cannes devient plus régulière. Un autre résultat de cette fourniture irrégulière se fait voir au second coupe cannes placé à 1½ pouce de la chaîne. La charte (h) indique de grandes fluctuations. La consommation moyenne de ce coupe cannes n'est cependant que de 50 % de la puissance disponible.

A la sucrerie C la position est certainement meilleure ; cependant un gain appréciable devrait être obtenu si le réglage du 1er coupe cannes était réduit, car la charte (e) n'indique que des pointes instantanées et une consommation de puissance moyenne ne représentant que 50 % de la puissance nominale. Le second coupe cannes dont la charte (f) montre des pointes assez élevées serait alors allégé.

Les résultats obtenus à la sucrerie A sont à notre point de vue les plus intéressants. Contrairement à la pratique généralement employée le moteur plus puissant entraîne le 1er coupe cannes. Le tableau 1 indique qu'à cette sucrerie il fut possible de modifier le réglage du 1er coupe cannes pendant l'expérience. La charte (a) fut prise lorsque les couteaux étaient réglés à 7 pouces de la chaîne tandis que la charte (b) est pour un réglage de 9 pouces. Nous voyons d'après les résultats obtenus que la puissance consommée varie de 161 C.V. à 145 dans les deux cas respectifs. Ces chiffres représentent 58,0 et 64,4 % de la puissance nominale au moteur qui est de 250 C.V.

En conséquence le second coupe cannes mené par un moteur plus faible — 135 C.V. — a un travail plus léger et plus régulier (charte (c)) bien qu'il soit réglé à ½" seulement de la chaîne. Il semblerait que cette installation soit préférable à celles où le moteur le plus puissant sert à entraîner le second coupe cannes.

Shredders

Dans le cas des shredders les expériences furent faites dans les deux seules sucreries où les shredders sont menés par des moteurs électriques.

Les chiffres du tableau 2 nous font voir que les consommations de puissance en C.V. tonne de fibre/heure sont élevées dans les deux cas : 19,0 pour l'usine E et 15,1 pour l'usine B. Les chartes (i) et (j) indiquent des pointes élevées et plutôt soutenues, plus particulièrement dans le cas de la sucrerie B où, comme nous l'avons expliqué plus haut, le seul coupe cannes qui y est employé en tête de chaîne ne semble pas faire un très bon travail de préparation.

Ces expériences montrent l'utilité que peut avoir un wattmètre enregistreur dans une sucrerie. Nous comptons pendant la prochaine

campagne, continuer ces expériences, et espérons que les débats qui vont suivre nous donneront d'autres idées à ce sujet.

Nous voudrions remercier ici M. Paul Caboche de la sucrerie de Solitude pour l'aide précieuse qu'il nous a donnée ainsi que tous ceux qui nous ont aidé lors de l'expérience.

BIBLIOGRAPHIE

ANON (1957) — Sugar factory capacities, I.S.J. 59 (699) 66.

FORES-SMITH, G. (1954) — Electric motor drives for sugar cane preparation. Proc. 21st Conf. Queensland Soc. Sugar Cane Tech: 59-70.

HUGOT, E. (1950) — La sucrerie de cannes (Dunod), 30-32.

JORGENSEN, F. A. (1952) — Knife drives. Proc. 19th Conf. Queensland Soc. Sugar Cane Tech. 121-122.

TROMP L. A. 1946 — Machinery and equipment of the cane sugar factory (Norman Rodger), 121.

TABLE I

USINES	A			B	C		D	
	1er Coupe Cannes	1er Coupe Cannes	2me Coupe Cannes	1er Coupe Cannes	1er Coupe Cannes	2me Coupe Cannes	1er Coupe Cannes	2me Coupe Cannes
Puissance Nominale en C.V. ...	250	250	135	200	125	250	200	300
R. P. M.	730	730	470	585	490	490	585	585
Nombre de Couteaux	36	36	36	30	32	36	34	34
Réglage des Couteaux en pouces ...	7	9	$\frac{1}{2}$	8	14	$\frac{5}{8}$	14	$1\frac{1}{2}$
Tonne de fibre par heure	9,6	9,6	9,5	10,9	12,4	12,3	14,8	14,8
Consommation moyenne en kilowatts ..	120	108	71	54	43	83	33	108
„ moyenne en C.V. ..	161	145	95	72	58	111	44	145
„ moyenne/T. fibre/heure	16,8	15,1	10,0	6,6	4,7	9,0	3,0	9,8
Puissance moyenne C.V./T. fibre/heure	26,0	26,0	14,2	18,3	10,1	20,2	13,5	20,3

TABLE II

SUCRERIES	E	B
Fabricant	Cail	Gruendler
Puissance nominale du moteur en C.V. ...	350	375
R. P. M.	1000	960
Nombre de marteaux	81	78
Règlage en pouces	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$
Tonnes de fibre/heure	12,4	10,2
Consommation moyenne en kilowatts ...	175	115
Consommation moyenne en C.V.	235	154
Puissance consommée C.V./T. fibre/heure ...	19,3	15,1

THE THERMOTHERAPY OF SUGAR CANE PLANTS INFECTED WITH CHLOROTIC STREAK DISEASE

by

ROBERT ANTOINE

Pathologist, M.S.I.R.I.

Introduction

In the eighties of the past century, the mysterious sereh disease brought the Java sugar industry almost on the verge of collapse. Although the nature of the disease, now believed to have been caused by a virus, was not known, measures which entirely controlled sereh and saved the sugar industry were put into practice. Indeed, the development of the immune POJ 2878 is a classical example of disease control through the breeding of resistant varieties. Yet, two other measures which could have given outstanding results had been found: the establishment of nurseries in the disease-free areas at high altitude in the mountains of Java and the heat-treatment of sugar cane cuttings. In practice, mountain-grown seed was used for providing healthy planting material until about 1926, when resistant varieties became available. That accounts for the fact that no attempt was made commercially to control sereh through the hot water treatment of cuttings

It can be said that the history of heat therapy of sugar cane virus disease begins as far back as 1889 when Kobus (16) began his researches on sereh disease and by 1893 came to the conclusion that cuttings infected with sereh grew better after treatment in hot water at 50°-52°C Wilbrink (21) confirmed the work of Kobus in 1923 in finding that the active principle, which she did not believe to be a virus, could be inactivated by the treatment of seed cane at 52°C for 30 minutes. Extensive field experiments carried out by Houtman (10), in 1924 to test the efficacy of the hot water treatment on sereh disease, showed that the use of hot water treated setts almost doubled sugar yield. Brandes and Klaphaak (9) had in 1923 reported the remarkable stimulating effect of the treatment of cuttings in hot water, at 52 °C for 20 minutes, on cane growth.

In 1933, Martin (20) successfully applied the hot water treatment (52°C for 20 minutes) in the control of chlorotic streak and also reported that germination was hastened and growth stimulated.

More recently, Hughes and Steindl (11) have proved that ratoon stunting disease can be controlled by treating infected setts in hot water at 50°C for 2 hours or in hot air at 54°C for 8 hours under carefully controlled conditions.

So far all attempts made to control two major sugar cane diseases, mosaic and Fidji disease, through thermotherapy, have failed.

The principles of thermotherapy

The object of thermotherapy is the production of disease free material from infected plants by means of a heat treatment which destroys the pathogen without unduly affecting the viability of the host cells. Various methods have been used therapeutically to free diseased plants from virus infection.

Although the discovery of the beneficial effect of heat therapy on diseased sugar cane cuttings was anterior to his work, Kunkel (17), in 1955, was the first to report the successful cure of an established virus disease, peach yellows, by the heat treatment. He, not only cured peach trees by growing them continuously for a fortnight or more at an air temperature of about 36°C, but also (18) showed that infected dormant peach trees, could be cured by immersion in water at 50°C for 10 minutes and bud-wo d for only 4 minutes or at lower temperatures and longer treatment times.

Two types of treatment may therefore be used: wet heat and dry heat. Also, the whole growing plant may be treated or only dormant parts such as; bud-wood, tubers or cuttings.

Wet heat, being more harmful to the host plant than dry heat, is applicable to dormant plants or dormant parts of plants whereas dry heat can be applied to growing plants. In the hot water method the optimum treatment temperature is about 50°C, but the operation has to be carried out under carefully controlled conditions or exposures be of short duration as such temperature is also critical for the survival of the host cells. When plants are grown continuously in hot air, they are exposed to a much lower temperature, usually 36°C but for longer periods of time. Kassanis (15) has given a list of plants infected with about 30 viruses which have been cured by thermotherapy. In the hot air treatment, applied generally to growing plants, the temperature ranged from 32°C to 42°C and the time from 1 to 4 weeks, the commonest treatment being 36° C for 3 to 4 weeks. In the hot water treatment the temperature-time combinations ranged from 40°C to 55°C and 3 minutes to 24 hours respectively, the most effective temperature being 50°C for various lengths of time. It should be added that recently, as already mentioned, hot air treatment (54°C for 8 hours) in the case of ratoon stunting disease has been successfully applied to infected cuttings, and that a time temperature combination could probably be found to cure chlorotic streak by subjecting diseased cuttings to a hot air treatment.

It would appear, at first sight, that the application of thermotherapy depends upon two factors: a low thermal inactivation point for the virus and the ability of the normal constituents of the host cell to withstand

high temperatures better than the virus. Results of experimental work, however, have shown that the assumptions are not necessarily justified. Kassanis (14), as a result of his authoritative study on heat treatment of virus infected plants, comes to the conclusion that heat therapy does not seem to be correlated with the thermal inactivation end point of the virus *in vitro*. Indeed, the viruses studied by Kunkel (19) could not be mechanically transmitted and their stability *in vitro* was not known. It was therefore assumed that they had low thermal inactivation points, in other words, they belonged to the group of viruses that could be inactivated in 10 minutes at a low temperature *in vitro*. Kassanis (13), working with sap-transmitted viruses with well-established properties, has shown that plants infected with tomato bushy stunt virus, with a high thermal inactivation point (80°), were cured by exposure to 36°C; whereas, plants infected with tomato spotted with virus, with a low thermal inactivation point (45°C), were not cured by the same treatment. He therefore suggests, on the basis of results obtained so far, that inactivation of viruses in plants at 36°C depends upon the temperature cœfficient of heat inactivation, in other words, upon the ratio between the rates of inactivation at temperatures separated by 10°C. Plants infected with viruses having a low Q_{10} for thermal inactivation would be cured. It would appear therefore, as has pointed out Bawden (4) that the efficacity of heat treatment depends upon the following conditions in the virus-host combination :

(1) the ability of the host to withstand high temperature,

(2) the thermal inactivation point of the virus and,

(3) the temperature cœfficient of thermal inactivation of the virus.

Thus, plants infected with the viruses having a high thermal inactivation point but a low Q_{10} of thermal inactivation may be cured when given long exposures at temperatures well below that at which the virus would be killed *in vitro*. The mechanism involved in the process is obscure. Kassanis (14) has suggested that, although the relatively low temperature usually 36°C may inactivate the virus *in vivo*, it appeared more likely, to quote his own words, " that the virus content of infected cells reflects an equilibrium between synthesis and degradation of virus particles and that synthesis fails at 36°C. Continuation of the normal degradation process would then lead to these viruses disappearing from infected tissues ".

Another factor, as has pointed out Kassanis (15), although he considered it dangerous to generalize at the present stage of knowledge, appears to be the shape of the virus particle. So far only viruses with spherical particles have been inactivated in plants at temperatures of 36°C treatment on viruses known to have rod-shaped particles have failed It is interesting to note that the rod-shaped virus causing mosaic disease of the sugar cane the only virus of known shape attacking that plant, is not inactivated in cuttings treated in water at high temperatures.

The control of chlorotic streak disease

The propagation of the sugar cane plant being effected by means of cuttings, it is not surprising that attempts at thermotherapy have been applied to the vegetative planting material, a method which, if successful, can be carried out on a large scale. Treatment of growing plants is a slow process by which only a limited amount of virus-free stock can be obtained

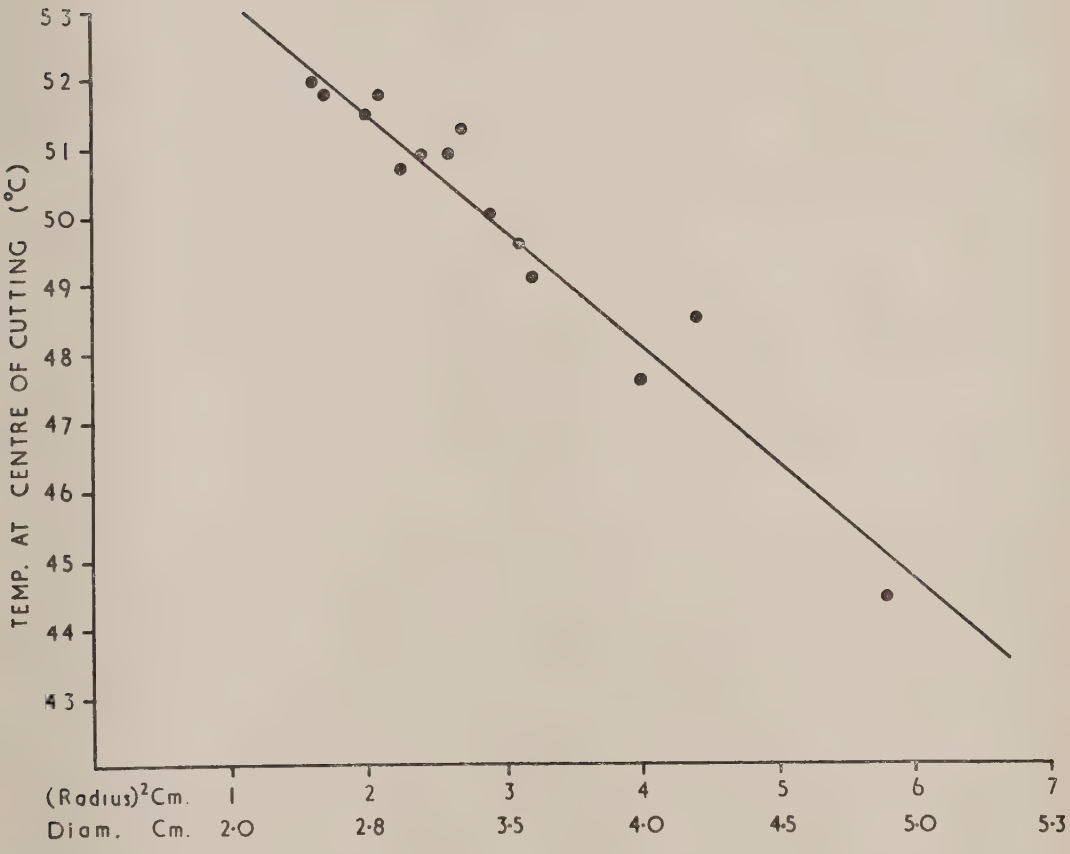
Martin (20) was the first to apply successfully the heat-treatment of cuttings in the control of chlorotic streak disease. He found that immersion of infected sugar cane setts in hot water, at 52°C for 20 minutes, would inactivate the virus. Although other time-temperature combinations would control the disease, he found that the one mentioned provided the most satisfactory treatment.

Bell (5, 6, 7), started a detailed study of the heat treatment of sugar cane setts infected with chlorotic streak just before the outbreak of the war and has published interesting findings. Unfortunately, the research work was discontinued during the war years. He found that the causal organism could be inactivated by the exposure of infected setts, after 2-3 minutes pre-heating, to temperatures as low as 45°C for 20 minutes but that the disease was not cured at 42.5°C. In a further series of tests he found that setts of Badila, averaging 3.75 cm in diameter, preheated for 2-3 minutes, gave rise to apparently healthy plants after immersion in water at 44°C for 20 minutes. Considering the relatively low temperature and short time of treatment which could inactivate the virus in a fairly thick sett, it could be assumed that the virus was present in the buds only. Treatment of individual eyes in flowing water at 52°C for 20 minutes showed that infection was not restricted to the buds. Furthermore, hot water treatment in rubber sleeves of individual portions of infected standing cane completely controlled the disease in the treated portions only. The results seem to indicate that the disease is systemic.

A series of experiments were started at the M.S.I.R.I. in 1955 in order to study heat therapy in relation to the diameter of cuttings infected with chlorotic streak. Diseased setts of various diameters were immersed in water maintained at 52°C in a thermostatically controlled water bath and temperatures, at the end of 20 minutes, were determined at the centre of the cuttings by means of a needle thermocouple. The results obtained by Antoine (1), are expressed graphically in Fig. 1.

Infected cuttings were then grouped, according to their diameter, into five classes ranging from 3.0 cm to 5.5 cm. All cuttings were treated at 52°C for 20 minutes and it was found that the disease was not cured in cuttings with diameters above 5.0 cms.

Thin nodal cylinders, comprising a bud and the root primordia, were taken from diseased stalks and treated in water at every other temperature between 38°C and 52°C and 52°C for 20 minutes Plants derived


TEMP. AT CENTRE OF CUTTING (°C)
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
(Radius)²Cm. 1 2 3 4 5 6 7
Diam. Cm. 2·0 2·8 3·5 4·0 4·5 5·0 5·3

from sections treated at 44°C or higher temperatures appeared healthy, all others showed typical leaf symptoms.

Assuming that the relationship between the square of the radius and the temperature reached at the centre of the cutting after a constant time of immersion in hot water is linear, it will be observed from Fig. 1 that a temperature of 44°C is not reached at the centre of cuttings above 5 cm in diameter treated in water at 52°C for 20 minutes.

Antoine (2) came to the conclusion that temperatures above 44°C inactivated the chlorotic streak pathogen *in vivo*. It should also be borne in mind that, with thick-stemmed varieties such as Ebène 1/37, the standard short hot water treatment may not control the disease in setts with diameters of 5 cm or above.

A study of the distribution of chlorotic streak disease in Mauritius is of interest as it appears that such distribution may provide a link with the thermal inactivation of the pathogen *in vivo*.

Bell (7, 8) found that the internal temperature of sprawling cane, fully exposed to the sun, under conditions of shade temperature of 27°C, could reach almost 45°C, although the internal temperature of erect, sheltered cane was not so high. Cane setts were exposed to direct sunlight for 6 hours on a sheet of galvanised iron and the temperature inside was found to average 45°C. After such treatments the setts were planted, with diseased untreated setts as controls and the development of foliar symptoms of chlorotic streak observed. As a result of this experiment, Bell, who was trying to find an answer to field recovery from chlorotic streak, concluded that exposure to the sun had « cured » the disease.

Kunkel (18) after curing peach yellows by growing infected plants in an air temperature as low as 34.5°C. suggested that the distribution of the disease, which follows a definite isotherm in the United States, may be restricted by high air temperatures prevailing over relatively long periods of time in the Southern States. He also considers Hutchin's (12) findings, that the phoney peach virus is confined to the roots, as being the result of the high summer temperatures to which the tops are exposed in Georgia where the disease was studied.

In Mauritius the distribution of chlorotic streak is well defined. Widespread in the cool, super-humid uplands, the disease is rarely encountered in the hotter dry areas, except locally on the heavy ill-drained, irrigated soils of the sub-humid lowlands.

Antoine (3) has reported the apparent recovery of diseased plants issued from infected cuttings planted in the hot, dry localities. Furthermore, cuttings derived from the apparently healthy canes when planted, with hot water-treated cuttings as controls, in an infected area, contracted infection at the same rate, thus indicating that such material was apparently

disease-free. Experiments are being conducted to determine whether the symptomless canes, growing in the sub-humid area, harbour the pathogen in the underground portions of the plant.

The conditions governing the recovery of diseased plants in the hotter localities of Mauritius are obscure. It is difficult to conceive that high air temperature alone restricts the distribution of the disease for, although chlorotic streak is, on the whole, absent from the hotter, sub-humid zone, it is encountered locally on the heavy, ill-drained hygromorphic clays in the same area.

Conclusion

The production of disease free stock through the treatment of virus-infected plants or plant parts in hot water or hot air has been made possible by the comprehensive research work which has led to a better understanding of the properties of viruses and the virus-host relationships. The practical value of heat-therapy is at present well established.

Although the thermotherapy of sugar cane setts infected with chlorotic streak disease is now carried out on a commercial scale in a large number of sugar producing countries, it should be mentioned that, so far, very little is known about the pathogen. It would, however, be difficult not to accept its viral nature.

As there is no evidence to say, whether the pathogen is directly inactivated by heat in the cutting or whether the rate of multiplication of the virus in the cutting is very slow during the heat treatment, it would be interesting to investigate the effect of the heat treatment on growing plants derived from infected setts. Such study might lead to a better understanding of the virus-host relationship and throw some light on the distribution of the disease and the recovery of infected plants under environmental conditions.

REFERENCES

(1) Antoine, R. (1956). Ann. Rept. Mtius. Sugar Ind. Res. Inst., p. 55.

(2) Antoine, R. (1957). Ibid., p. 62.

(3) Antoine, R. (1959). Proc int. Soc. Sug. Cane. Tech. **10** (in press.)

(4) Bawden, F. C. (1956). « Plant Viruses and Virus Diseases », 3rd. ed., p. 299. Chronica Botanica, Waltham, Mass.

(5) Bell, A. F. (1938). Bur. Sug. Expt. Stat., Queensland, Ann. Rept., p. 47.

(6) Bell, A. F. (1939). Ibid., p. 54.

(7) Bell, A. F. (1939), Ibid., p. 19.

(8) Bell, A. F. (1941). Ibid., p. 22

(9) Brandes, E. W. and Klaphaak, P. J. (1923) Louisiana Planter **71.** (In : Rev. appl. Mycol. **3,** 301-302).

(10) Houtman, P. W. (1925). Arch. voor Suikerind Nederl. — Indië **33,** 631-642. (In : Rev. appl. Mycol. **5,** 4.)

(11) Hughes, C. G. and Steindl, D. R. L. (1955). Bur. Sug. Expt. Stat., Queensland, Tech. Comm. No. 2, p. 33.

(12) Hutchins, L. M. (1933). Georgia Bd. Ent. Bull. **78.** (Cited by : Kunkel, L. O (1936.) Phytopathology **26,** 828.)

(13) Kassanis, B. (1952. Ann. Appl. Biol. **39,** 358.

(14) Kassanis, B. (1954). Ibid. **41,** 470.

(15) Kassanis, B. (1957), Advances in Virus Research **4,** 221.

(16) Kobus, J. D. (1893) Meded. Prœfst. Oost-Java **24.**

(17) Kunkel, L. O. (1935). Phytopathology **25,** 24 (Abs.)

(18) Kunkel, L. O. (1936). Ibid. **26** 809.

(19) Kunkel, L. O. (1941). Am. J. Botany **28,** 761.

(20) Martin, J. P. (1933). Hawaii Sugar Plant. Assoc. — Expt. Sta. Rept. (1932), p. 24.

(21) Wilbrink G. (1923). Meded. Prœfstat. Java Suikerind. **31,** 1. (In : Rev. appl. Mycol. **2,** 468.)

FACTORS AFFECTING THE INITIATION OF FLOWERING IN SUGAR CANE

by

E. F. GEORGE

Geneticist, M. S. I. R. I.

CONTENTS

1. Introduction

2. The Process of Flowering

Histogenesis of the inflorescence

The flowering stimulus

Site of induction

Translocation

Photoperiodism and flowering

Daylengths inducive to flowering in the variety C. P. 36-13

A short day plant with differences

3. Induction of Flowering Experimentally

a) Varying photoperiod

i. Induction by imitation of natural daylengths

ii. Induction by abnormal regimes

b) Temperature

c) Chemical treatments

d) Juice extract

e) Grafting

f) Gravimorphic effects

4. Retardation and Inhibition of Flowering

a) Artificial lighting at night

b) Fertilizer treatments

c) Withdrawal of irrigation water

d) Chemical sprays

5. Conclusion

6. References

1. Introduction

The flowering habits of sugar cane are naturally of special interest to cane breeders who are dependent on the presence of arrows for the success of their breeding programme. It has been the dream of the breeder to be able to make any cane flower at will, and many have been the attempts to achieve this end. Aimé de Sornay working at the Sugarcane Research Station and later at the Sugar Research Institute was always particularly interested in the control of flowering.

Continuing in this tradition the division of Plant Breeding and Genetics at the M.S.I.R.I. has conducted several investigations on various aspects of flowering in the past few years. We have given special attention to the *initiation* of flowering under natural conditions, for in the past too little emphasis has been given to the early stages of flower formation. Many authors mention the time of arrow emergence when describing an experiment on flowering but fail to record the conditions operative when flowers were actually first initiated.

In this paper is presented a review of the most important factors known to influence flower formation with particular reference to experiments made in Mauritius, where these are applicable.

2. The Process of Flowering

Histogenesis of the inflorescence

At the growing point of a sugar cane stalk there is continuous cell division and organisation, which during vegetative development results in the formation of new stem and leaf tissues. During such vegetative growth, the apex of the stem remains very small and inconspicuous and is never larger than 0.2 mm.

A change in the size of the apex takes place when flowering is about to commence. We have found that when an apex reaches a size of 0.3 mm., it is certainly developing into an inflorescence. The young inflorescence grows quickly and as it is formed from the growing point of the cane stalk, terminates further vegetative elongation. The time from when the flower primordium first develops, to when arrowing is noticed in the field, is about $2\frac{1}{2}$ to 3 months.

Some discussions on flowering in sugar cane have been at fault because the authors have not recorded the time of formation of floral primordia with any precision.

To understand why canes flower it is necessary to study the environmental conditions at, and immediately preceding, the initiation of flowers. To do this it would be logical to make a series of precise anatomical investigations over a series of years to determine the exact time at which flowers start to develop.

It is surprising that this has never previously been a subject of careful

study, although Engard and Larsan (1948) illustrated the stages in the histogenesis of the sugar cane flower primordium.

Vijayasarady and Narasimkan (1954) studied the early development of young flower primordia, but from published data appear to have made only macroscopical examination of the growing points of some varieties. As a result of their studies they state that initiation of flower primordia is at the same period from year to year, but that both early flowering and late flowering varieties initiate inflorescences at the same time.

As a result of histological studies pursued in Mauritius during recent years (2), it can be stated that under our conditions this is not so, and that initiation takes place in different varieties, at different times, during a period which extends over one month. The same variety commences the initiation of primordia at a comparable time from year to year.

These studies were sufficiently accurate to pin-point the time at which the apex changed morphologically from a vegetative to a reproductive capacity, to within two to three days.

Other findings are that early flowering varieties begin the formation of flower initials before late flowering varieties and that such "early-initiating" varieties are those which flower abundantly.

The date during the past three years when the differentiation of an inflorescence first began in five sample varieties is given in table 1, where the day length on that particular date is given.

TABLE 1. The date of the first recognised flower initiation in 5 sample varieties during the years 1958-60. (The daylength in hours on each date is given in brackets).

Variety	*1958*	*1959*	*1960*
U. S. 48-34	—	1/3 (12.46)	26/2 (12.52)
C. P. 36-13	4/3 (12.39)	5/3 (12.38)	6/3 (12.35)
Co. 421	4/3 (12.39)	10/3 (12.28)	9/3 (12.29)
M. 241/40	4/3 (12.39)	18/3 (12.14)	11/3 (12.27)
Ebène 1/37	21/3 (12 08)	26/3 (11.99)	1/4 (11.85)

An analysis of variance on these dates of flower initiation and corresponding daylengths, reveals that initiation was significantly (5% level) earlier in the year 1958. Between varieties, both the differences in the times of initiation and likewise the differences in daylengths are highly significant (0.1% level).

This result suggests that, of many varying environmental factors, length of day is closely connected with the onset of flowering but, because there is a significant variation in time of formation from one year to another, it is clear that factors other than daylength exert some influence on the processes of flower formation.

The flowering stimulus

Site of induction. It has been found as a general rule that it is the leaves of plants which are responsible for the origination of the flowering stimulus. Usually young furled leaves do not function in this respect and it is only the young opened leaves which have such a capacity. Old leaves have nothing to do with flower induction.

A series of leaf cutting experiments carried out in Mauritius in recent years have shown that the very youngest leaves of canes are responsible for producing the flowering stimulus. In the variety C.P. 36-13, for example, the unfurling leaves of the spindle and also the first fully opened leaf were found to be operative, while in M. 241/40 only the leaves of the spindle seemed to have any influence; when the leaves of the spindle were removed no flowering took place.

In Australia some breeding canes are defoliated just before flower initiation is expected to take place (Buzacott, 1954) and this delays the initiation and subsequent flowering. Here in Mauritius a group of several canes of C.P. 36-13 and M. 241/90 were completely defoliated during different weeks in 1959 and subsequently allowed to grow. The percentage of flowering in these groups is shown in table 2.

TABLE 2. The average flowering percentage in groups of canes defoliated and subsequently allowed to grow on different dates in 1959.

Canes defoliated on (date)	Variety	
	C. P. 36-13	M. 241/40
6/2 - 10/2	70	40
13/2 - 17/2	70	30
20/2 - 24/2	70	0
27/2 - 3/3	50	0
6/3 - 10/3	11	0

If a flower promoting substance or hormone is formed within the young leaves, when these leaves are removed, the hormone which has been produced up to that point is lost, and manufacture must recommence as new young leaves are formed.

It would be noted that the percentage of flowering is less with each later date of defoliation : especially is this true for M. 241/40.

Translocation. The production of a flowering hormone in the leaves of plants is followed at some critical stage by the translocation of a stimulus from the leaves to the site of the future flower. This translocation appears to be associated with a reduction in the auxin level of the leaves and presumably occurs as some substance, or substances, reach a critical level. Available evidence points to the fact that the flower promoting substance moves in the normal photosynthetic stream of the phloem tissues, away from the leaves. Although auxin level in the leaves is reduced at this time, the actual transmitted substance is not auxin and its nature is unknown. The stimulus moves only through living tissue and can be transferred from one plant to another by grafting. Repeated attempts with many plants to extract a stimulating substance which can be introduced into another plant have failed. Attempts of this nature have been made to try to induce flowering of sugar cane but all have been unsuccessful.

Because of these facts it has been suggested (Bonner & Liverman, 1953) that the transmission of the flowering stimulus is very much like that of many virus diseases. The substance involved may be a complex protein with virus-like properties ; this could account for the failure of plant extracts to promote flowering.

Photoperiodism and flowering

The relative length of day and night has been found to invoke many responses from plants, the study of which is termed photoperiodism. Among the most noticeable of such photoperiodic responses is the initiation of flowering, and in this respect plants generally fall into three broad divisions.

Short day plants. Short day plants only produce flower initials when the daily illumination is shorter than a certain critical length (fig. 1).

Long day plants. Long day plants produce flowers, or do so more readily, when the daily light period exceeds a critical length (fig. 1).

Day neutral plants. Day neutral or indifferent plants do not react to either long or short days and initiate flowers independently of such changes under a wide range of day lengths.

Many summer flowering annuals and biennials are long day plants : such are primarily natives of temperate regions where the summer is the season of long day lengths.

Short day plants flower in the spring and autumn of temperate regions

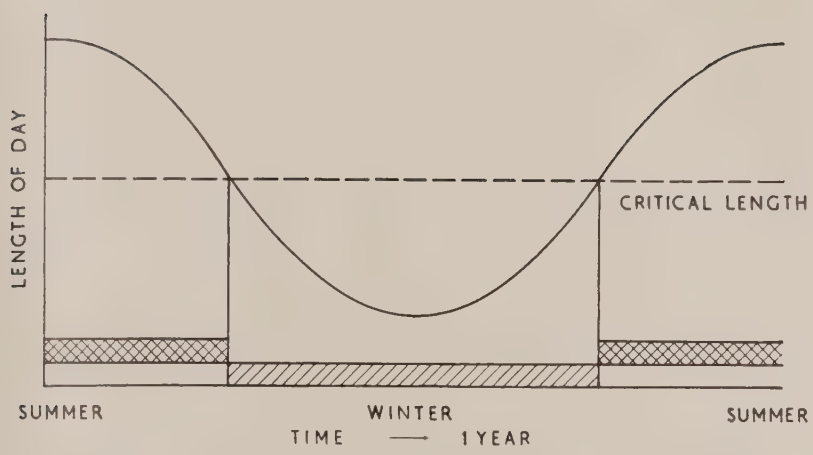


Fig. 1 — **Daylength variation with time of year and the period when flowering is promoted in long and short day plants.**

Single Line Shading. Period of flowering of short day plants (see text).

Cross hatching. Period of flowering for long day plants (see text)

Although shown to be so in this diagram, the critical daylength for anyone long or short day plant is not necessarily the same.

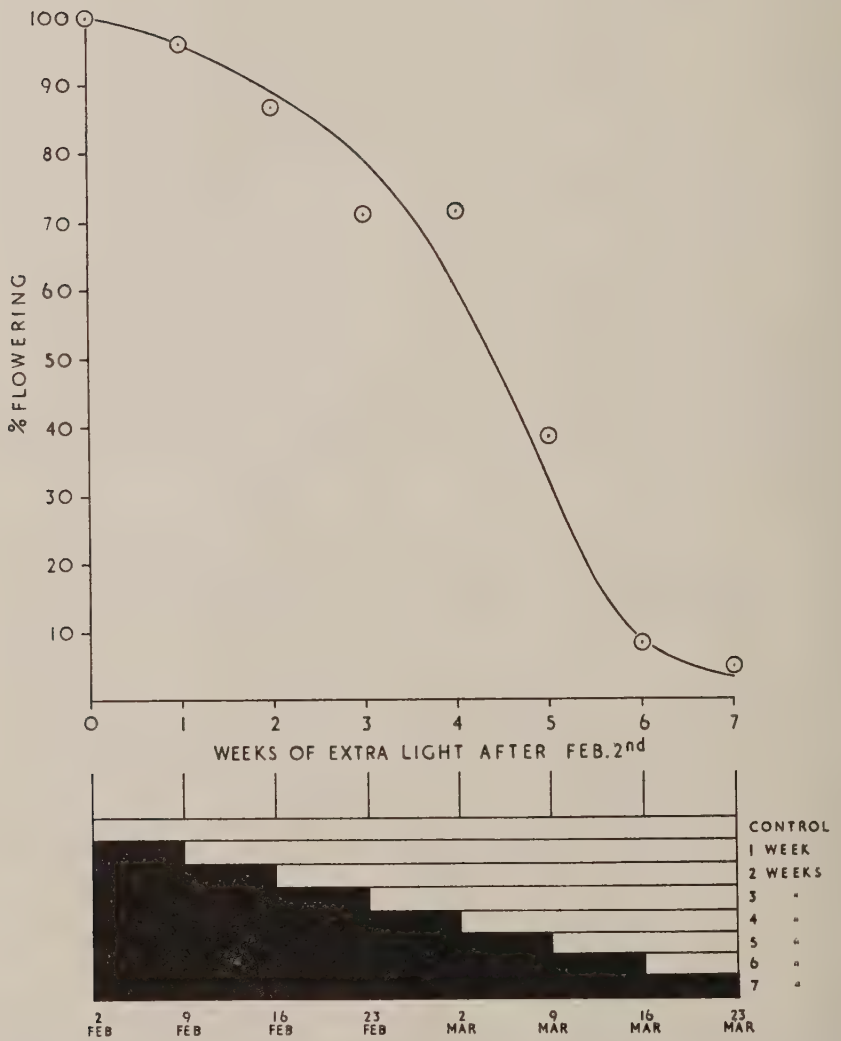


Fig. 2 — **The percentage of flowering in experimental plots of the variety C.P. 36-13 treated with artificial illumination nightly.**

The treatments corresponding to the points on the graph are shown diagrammatically below.

and are common to the tropics where the days are of short duration. It has been shown that a long continuous dark period is essential to photoperiodic induction of flowering in short day plants and if this dark period is interrupted by light of even a low intensity, then flowering is prohibited. Experiments in Hawaii (19) have shown that artificial lighting at night can suppress flower formation in sugar cane if given for a period at the normal time of flower induction. This is a fundamental reaction of short day plants and was made use of here in 1959 to devise an experiment to investigate the period of the year during which photoperiodic induction takes place in sugar cane.

Day lengths inducive to flowering in the variety C. P. 36-13

The day length at the time of differentiation of the apex is not necessarily the same as that required to induce the formation of flowers. This induction could start immediately before differentiation of the apex takes place, or alternatively, several weeks in advance.

The following experiment was carried out with the variety C. P. 36-13 to test the amount of flower induction during various weeks before the differentiation of the apex. Extra light was given nightly to plots of experimental canes for a period of four hours from 11 p.m. to 3 a.m. This treatment is known to be inhibitory to flowering. All lighting treatments started on February 2. Canes in the first treatment received only one week of this extra lighting at night and so were exposed to inductive daylengths for all except this one week.

In the second treatment the canes were exposed to two weeks of inhibitory lighting at night; the third treatment received 3 weeks of extra lighting, the fourth 4 weeks, and so on.

Figure 2 shows the percentage of flowering in the respective treatments of this experiment, where the inhibiting effect of each period of extra lighting can be seen. Inhibitory lighting at night from February 9-16th caused only a very slight drop in the percentage of flowering; continuing this treatment for a further three weeks had a slightly increased effect. The maximum suppression of flowering occurred between the 23rd February and the 16th of March, each additional week of lighting during this period producing a marked drop in the percentage of flowering.

If therefore the amount of suppression of flowering during any one week is calculated, the graph shown in fig. 3 is obtained. This shows the rate of inhibition of flowering by the lighting treatments during this experiment.

Another experiment has shown that the induction of flowering is closely related to this rate of inhibition of flowering. It is therefore suggested that fig. 3 probably represent the way in which flower induction rises to a maximum during a certain period. The daylengths covered by the experiment are indicated by the straight line above the histogram. It may be said that flower induction only takes place within certain critical daylengths.

This conclusion can be arrived at in a totally different way by observing the behaviour of canes planted or ratooned at different times of the year. In a variety which normally flowers 100%, for example, any particular stalk which is too small at the time of flower induction does not flower. Even though later in the year it attains sufficient size, it still does not do so.

A short day plant with differences.

That flower induction takes place only within certain daylengths, has been the finding of several workers in other experiments (20) (23) which has led to the view that sugar cane is an *'intermediate day plant'* as defined by Allard and Garner (1940). Such plants will only flower between certain limits of day length. As sugar cane varieties show the typical short day inhibition of induction by interruption of the dark period by artificial lighting, they may perhaps be better defined as a *'short day plants capable of flower induction processes only within certain critical day lengths'* (fig. 4).

This then is a brief résumé of some of the processes involved in the initiation of flowering in sugar cane. There have been many attempts to induce sugar cane to flower at will. A few have been partially successful but most have failed.

Methods designed to delay or suppress flowering have met with more success. It is proposed in the following passage to examine some of these methods to see how they may be explained by the theory of flower initiation just described.

3. Induction of Flowering Experimentally

a) *Varying photoperiod*

The only successful attempts to induce sugar cane to flower have been those which have utilised the observation that flowers are formed when canes are subjected to certain lengths of light and dark.

(i) *Induction by imitation of natural daylengths*

Sartoris (1939) grew a variety of *S. spontaneum* in a series of different daylengths ranging from 10 to 18 hours respectively. Those canes treated with 13 hours of light per day produced flowers, while canes in other treatments did not. He concluded from this that the period of light to induce flowering in most varieties must be about 12 hours and somewhat larger for *S. spontaneum* because varieties of this species usually flower earlier.

Vijayasaradhy and Narasimhan (1954) observed that normal daylength was required for normal flowering.

Lee and Lin (1951) found optimum flowering in *S. spontaneum* in a light period of 12 hours.

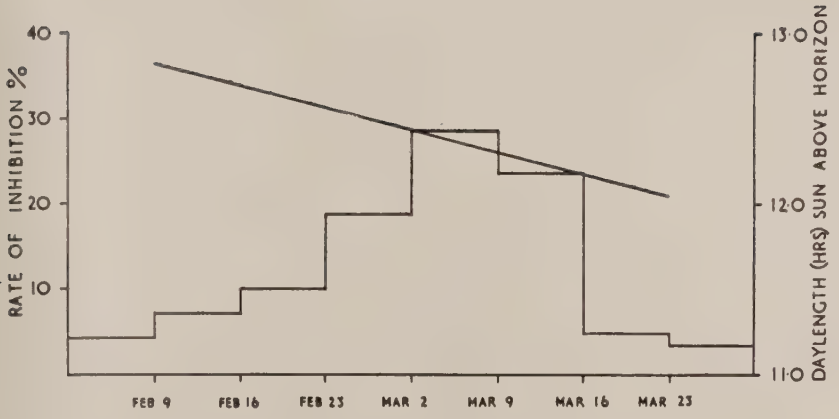


Fig. 3 — The rate of inhibition of flowering following long day treatment at various petiods, as derived from fig. 2.

This is closely correlated with the rate of induction of flowering. The daylengths during these periods is denoted by the straight line with reference to the right hand scale.

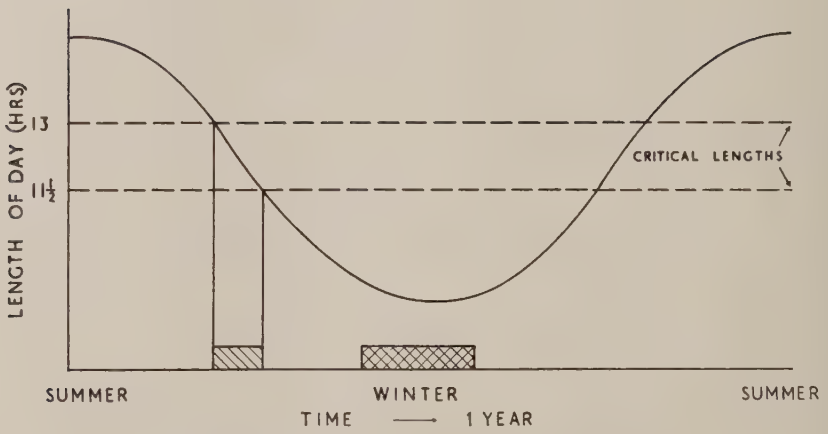


Fig. 4 — **The time of flowering of sugar cane varieties with relation to daylength.**

The period of induction is shown by the shaded area, and the season of flowering by the cross-hatched area. Inductive daylengths fall within the approximate critical lengths indicated.

Such results led Chilton and Moreland (1954) to conclude that probably 12-13 hours of light per day were necessary to induce flowering in sugar cane. They also made the observation that cane varieties produce flowers only as the day decreases in length, so that flowers are produced in autumn and winter. Although similar day-lengths occur subsequently as the days lengthen in the spring, flowers are not formed (fig. 4). In Hawaii where experiments have been devised to prevent canes flowering by illuminating them at night, treatment was only effective after September 1st when the day-length was 12 hours 32 minutes. These two workers therefore devised an experiment in which canes of many varieties were subjected to gradually decreasing daylengths starting at 12 hours 44 minutes ending some three months later at about 11 hours. In this way they induced flowering in several varieties. Chilton & Paliatseas (1956) repeated this experiment again with partial success.

It should be noted that this method which has also been repeated elsewhere with some success simply simulated natural conditions at flowering time and that the daylengths used are mainly within the suggested critical limits suggested earlier.

If natural conditions are unable to stimulate flowering in *shy arrows,* then it is unlikely that artificial reproduction of them will be successful either.

(ii) *Induction by abnormal regimes*

Flower induction has also been stimulated in various varieties of sugar cane by periods of light and dark which the canes could never experience under natural conditions of growth in the tropics. Dutt and Yusuf (1945) and Yusuf (1950) induced flowering in a variety of *S. spontaneum* with a treatment of 9 hours light (15 hours dark per day). More recently Vijayasaradhy (1959) has reported that many cane varieties can be stimulated to flower with 3 or 4 hours extra dark per day, (these treatments correspond to a dark period of about $14\frac{1}{2}$ - $15\frac{1}{2}$ hours). He found that 5 hours of extra dark (dark period about $16\frac{1}{2}$ hours) was usually inhibitory to flowering.

Also very recently in an experiment in Hawai (10,19) one variety of cane was made to flower by subjection to 8 hours of normal daylight with the addition of $4\frac{1}{2}$ hours of low intensity lighting per day.

Other abnormal regimes promoting flowering have been reported by Dutt and Yusuf (1945) and Yusuf (1950) when two normally non-flowering varieties of *S. spontaneum* were induced to flower by subjecting them to 22 hours of darkness each day; and by Vijayasaradhy and Narasimhan (1954) who record a doubtful case of induction of flowering in a variety of *S. spontaneum* treated with only 2 hours of darkness per day.

It has been suggested earlier that flower induction under normal conditions takes place only within certain limiting daylengths. It seems, in addition to this, that there are other daylengths (or night lengths) which are conducive to flower induction.

b) *Temperature*

An interesting experiment was performed by Hu & Lee (1957), who treated canes to shortening daylengths and at the same time increased the temperature at which some of the canes were kept at night. A beneficial effect on flowering was noticed when increased night temperatures were given during photoperiodic induction.

This could partly explain why under normal conditions sugar cane only flowers once a year, although daylengths within the critical limits occur twice a year. (See fig. 4). Temperatures at and/or *before* the time of photoperiodic induction, influence the processes involved, for in subtropical countries such as South Africa, flowers are only found in warm localities and never develop at all in some colder inland regions. Brett (1951) states that in one year flowering occurred in Taiwan after the winter solstice. This occurred in a year when exceptionally high temperatures were recorded at this time.

c) *Chemical treatments*

As previously stated, in many plants flower induction is associated with a reduction in the auxin level in the leaves. Chemical treatments designed to bring about such a reduction artificially, have been successful in inducing flowering in some plants. Chemicals which have the property of interfering with normal auxin action are termed anti-auxins, and examples of such are ethylene, chlorhydrin and TIBA (2. 3, 5-tri-iodo benzoic acid). Some such anti-auxins have been used in Hawaii, but have not been successful in inducing flowering.

d) *Juice extracts*

Extracts from the juice of freely flowering canes have been prepared and administered to varieties which seldom produce flowers, but these attempts (for example (18) and (22)) have failed to induce flowering. Such an approach is not likely to succeed if the failure of this technique in many species of plants is considered. The substance responsible for initiating flowering in plants has very special properties.

e) *Grafting*

Grafting monocotyledonous plants is difficult but not impossible, as was shown by Muzik and La Rue (1952) who did obtain 3% success in graftings of sugar cane. As it is generally agreed that the flowering stimulus passes easily across a graft union, this could be a method for inducing flowering in certain cane varieties. Attempts were made here in Mauritius in 1959 to graft freely flowering and non-flowering varieties together but with no success.

If a bridge of a parasitic plant such as *Cuscuta chiniensis* were established between a freely flowering and a non-flowering cane, a flowering stimulus might pass from host to parasite and so to the second host plant. This method was primarily put forward as an experimental method of transmitting the chlorotic

streak virus between canes (Antoine 1957). However, Naylor (1953) reports that *Cuscuta* species do not generally appear to transmit such a flowering stimulus.

f) *Gravimorphic effects*

De Sornay in 1949 (21) and several years subsequently, endeavoured to induce B.H. 10/12 and R.P. 8 to flower. His method was to lay canes horizontally during what he presumed to be the period when flower initiation was most likely to take place. These experiments were based on the findings of van Overbeek and Cruzado (1948) who induced one variety of pineapple to flower in this way. De Sornay did not induce flowering by this means and gave up the idea. Just recently, however, a report from Australia (7) mentions this method once again, this time as having induced greater numbers of flowers in certain breeding canes. It would be therefore that de Sornay was wrong to use in his earlier experiments only the varieties B.H. 10/12 and R.P. 8 which rarely flower.

The investigators who discussed this phenomenon in the pineapple attributed flower induction to an accumulation of auxin, presumably at the apex.

4. Retardation and Inhibition of Flowering

a) *Artificial lighting at night.*

Flowering in sugar cane is induced within a narrow range of daylengths (fig. 4). During the period when these conditions are operative, it is the length of the *dark period* at night which is of critical duration. If this period of darkness is shortened or interrupted by even low intensity lighting for a very short period, flower induction is inhibited. If such lighting at night is given at the beginning, or middle of the normal period of induction flowering is delayed. This is probably because flowering hormone, produced early on, is destroyed and has to be reformed before flowering can occur. Interruption of the dark period by light, when timed to fall towards the end of the period of critical daylengths (or better *correct night lengths*), suppresses flower formation completely. Probably hormone formed earlier on, is destroyed and has no chance to be formed again because daylengths are subsequently not of a suitable duration. Suppression of flowering by artificial lighting has been tried on some sugar estates in Hawaii (19), but has been given up in favour of the more practical method of control by chemical sprays.

b) *Fertilizer treatments*

High applications of both nitrogen and phosphate fertilizers have an inhibitory effect on the flowering of sugar cane and it has been shown in Hawaii (19) that there is an interaction between the age of canes at the time of flowering and the amount of nitrogen fertilizer applied. Thus, a small amount of nitrogen will greatly suppress flowering in young canes, whereas a much larger amount is needed to attain the same amount of suppression when the canes are older. Sugar cane is therefore a "nitro-negative" plant with regard to flowering (16), because as the concentration of nitrogen is increased, flowering is decreased.

c) *Withdrawal of irrigation water*

The amount of water given to cane plants just before the time of flower initiation (i.e. at the time of induction) has a marked influence on the numbers of flowers produced. Copious application of water and even flooding result in increased flowering, while shortage of water results in fewer flowers being initiated. This phenomenon is utilized commercially in Hawaii (19). It is found that by withdrawing irrigation water from fields for a critical six weeks period, flowering can be almost completely suppressed. Of course a reduced water supply decreases the growth of the cane, but this decrease is more than compensated for later in the season, when, without flowers, canes continue to grow and develop higher sucrose contents.

d) *Chemical sprays*

Another method adopted commercially in Hawaii to reduce flowering, for the same reasons as above, is to spray canes with certain chemicals such as maleic hydrazide and CMU. (3-(p-chlorophenyl) - 1 : 1-dimethyl-urea). The exact mode of action of such substances is not clear, but they must interfere with the formation or translocation of the flowering stimulus before actual initiation occurs. The action of CMU is immediate, and it is interesting to note that the application of this substance must be correct to within 2 or 3 days to achieve the maximum efficiency of the spray in reducing flowering.

5. CONCLUSION

There is a great need for a more fundamental approach to the problem of flowering control in sugar cane for the mechanisms of induction and initiation are very imperfectly understood.

The retardation or complete inhibition of flowering in sugar cane is now possible by several methods and is quite practicable on a field scale. No method has yet been found completely reliable for inducing any cane to flower at the will of the experimenter. Recent experiments in various countries however hold some promise that a treatment can be found which will do so.

6. REFERENCES

1. Allard, H. A. & Garner, W. W. 1940. Further observations on the response of various species of plants to length of day. Tech. Bull. U. S. Dept. Agric. 727, pp. 64 (Hort. Abst. XI, 21).

2. Annual Reports Mauritius Sugar Industry Research Institute 1954-1959.

3. Antoine, R. 1958. Mauritius Sugar Industry Research Institute Ann. Rep. 1957 p. 57.

4. Bonner, J. & Liverman, J. 1953. Hormonal control of flower initiation. In growth and differentiation in plants. Iowa State College Press, 1953 pp. 283-303.

5. Brett, P. G. C. 1951. Flowering and pollen fertility in relation to sugar cane breeding in Natal. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech. 7th Congress 1950, 43-56.

6. Buzacott, J. H. 1954. Report of the division of Plant Breeding. 54th Ann. Rep. Bur. Sugar Expt. Sts. pp. 47-58.

7. Buzacott, J. H. 1959. Report of the division of Plant Breeding. 59th Ann' Rep. Bur. Sugar Expt. Sts. pp. 56-57.

8. Chilton, S. J. P. and Moreland C. F. 1954. Experiments on the flowering of sugar cane. Sug. Bull. *32* : 165-169.

9. Chilton, S. J. P. and Paliatseas, E. D. 1956. Studies of the flowering of sugar cane. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Techn. 9th Congress 1956, 652-656.

10. Davis, G. J. 1960. Report in Sugarcane Breeders' Newsletter. Issue No. 6 (Jan. 1960) p. 2.

11. Dutt, N. D. and Yusuf, N. D. 1945. Photoperiod in relation to flowering in sugar cane. Curr. Sci. *14* : 304-306.

12. Engard, C. J. and Larsan, N. 1948. Floral development in sugar cane. Rep. Univ. Hawaii. Agric. Exp. Stn. 1946-1948, 125-132.

13. Hu, T-H. and Lee (Li), S. 1957. (Photoperiodic experiments on induction of flowering in sugarcane I). Tai-Wan Tang-yeh Shih-yen-so Yen-chin Hui-yen/ Rep. Taiwan Sug. Exp. Stat. 1957 : No. 16, 22-36 (Chinese) (Plant Breeding Abstracts XXIX, 1800).

14. Lee, S. and Lin, K. S. 1951. Studies on the photoperiodic effect on sugar cane. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Techn. 7th Congress 1950, 33-43.

15. Muzik, T. S. and La Rue, C. D. 1952. The grafting of large monocotyledonous plants. Science *116* : 589-591.

16. Naylor, A. W. 1953. Reaction of plants to photoperiod. In growth or differentiation in plants. Iowa State College Press, 1953. pp. 149-173.

17. Van Overbeek, J. and Cruzado, H. J. 1948. Flower formation in the pineapple plant by geotropic stimulation. Amer. Jour. Bot. *35* : 410-412.

18. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech. 8th Cong. 1953 (1954) p. 399.

19. Reports Exp. Stat. Committee, Hawaiian Sugar Planters' Association 1951-58.

20. Sartoris, G. B. 1939. The behaviour of sugar cane in relation to length of day. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Techn. 6th Congress 1936 pp. 796-802.

21. Sornay A. de, 1950. Report of Cane Breeding Division. 20th Annual Report, Sugarcane Research Station, Mauritius 1949, pp. 20-21.

22. Sornay A. de, 1953. Report of Cane Breeding Division. 23rd Annual Report Sugarcane Res. Stat. Mauritius 1952. p. 13.

23. Vijayasaradhy, N. and Narasimhan, R. 1954. Control of flowering in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Techn. 8th Congress 1953, 371-401.

24. Vijayasaradhy, M. 1959. Ann. Rep. Sugar Cane Breeding Inst. Coimbatore 1956-1957, pp. 50-61.

25. Yusuf, N. D. 1950. Methods for inducing flowering and controlling the times of flowering in sugar cane. I. Studies into the effect of photoperiod on flowering in sugar cane. Pakistan Jour. Sci. *2*: 36-49.

STELLA CLAVISQUE MARIS INDICI